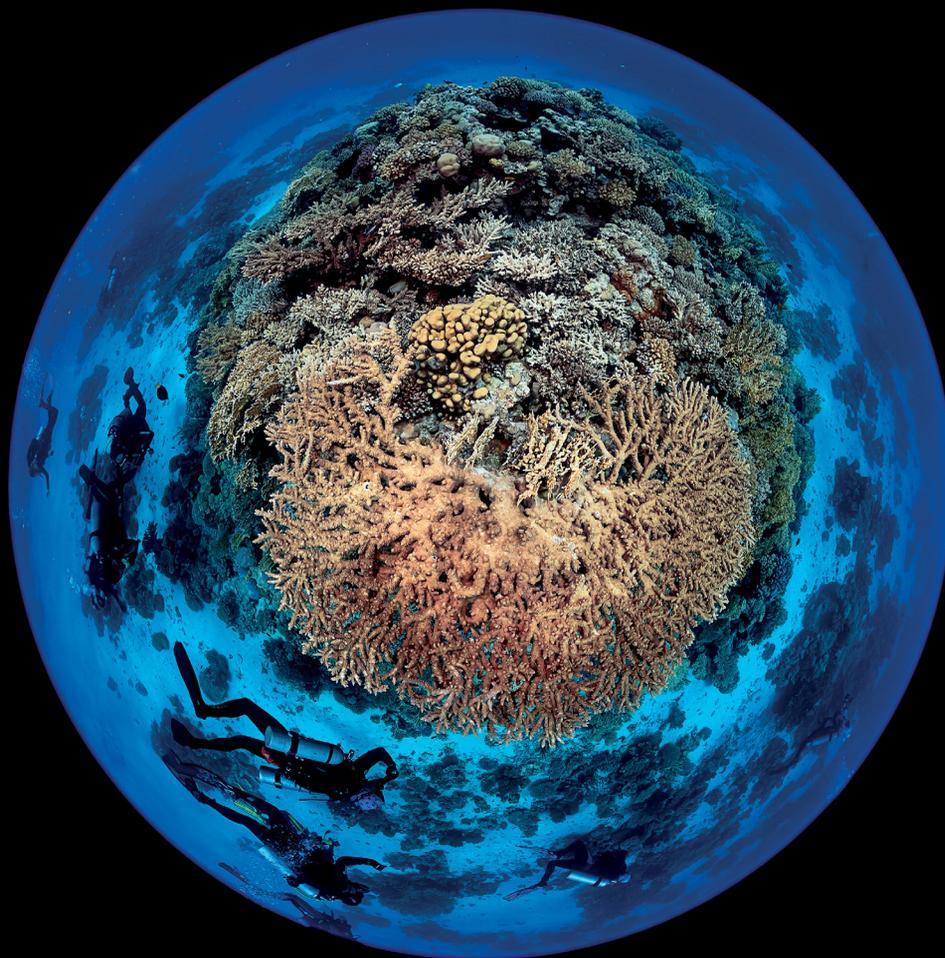


Вторая
Оценка состояния
Мирового
океана

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА II

Том II



Организация Объединенных Наций

Вторая
Оценка состояния
Мирового
океана

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА II

Том II



Организация Объединенных Наций

Фото на обложке: У Юнсэнь
Фотоконкурс Организации Объединенных Наций
ко Всемирному дню океанов

Публикация Организации Объединенных Наций
eISBN: 978-92-1-604011-6

Авторское право © Организация Объединенных Наций, 2021 год
Все права защищены
Отпечатано в Организации Объединенных Наций, Нью-Йорк

Содержание

Том I

Вступительное слово Генерального секретаря	iii
Резюме	v
Предисловие	vii
Часть первая: Резюме	1
Глава 1: Установочное резюме	3
Ключевые тезисы	5
1. Введение	5
2. Побудители	6
3. Очистка океана	7
4. Защита морских экосистем	10
5. Понимание океана ради устойчивого хозяйствования	13
6. Содействие защищенности от океана	15
7. Устойчивое поступление продовольствия из океана	17
8. Устойчивое экономическое использование океана	20
9. Эффективное осуществление международно-правовых норм, нашедших отражение в Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву	22
Часть вторая: Введение	37
Глава 2: Подход к оценке	39
Ключевые тезисы	41
1. Предназначение второй «Оценки состояния Мирового океана»	41
2. Основная аудитория и рамки второй «Оценки состояния Мирового океана» ..	42
3. Подготовка второй «Оценки состояния Мирового океана»	43
4. Терминология	44
5. Выражение признательности	45
Справочная литература	45
Глава 3: Научное понимание океана	47
Ключевые тезисы	49
1. Введение	49
2. Описание изменений, происшедших после первой «Оценки состояния Мирового океана» в данных, технологиях и моделях, и последствий этих изменений для общего понимания, включая социально-экономические последствия	50
3. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	51
4. Перспективы научного понимания океана	56
5. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	56

6. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	57
Справочная литература	58
Часть третья: Побудители изменений в морской среде	63
Глава 4: Побудители	65
Ключевые тезисы	67
1. Введение	67
2. Побудители изменений в морской среде	68
3. Основные вопросы или аспекты, связанные с побудителями (в региональной разбивке)	72
4. Перспективы	74
5. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала	76
Справочная литература	76
Часть четвертая: Нынешнее состояние морской среды и характеризующие ее тенденции	81
Глава 5: Тенденции, характеризующие физическое и химическое состояние океана	83
Ключевые тезисы	85
1. Введение	85
2. Физическое и химическое состояние океана	87
3. Пробелы в знаниях	100
4. Резюме	102
Справочная литература	103
Глава 6: Тенденции, характеризующие биоразнообразие основных таксонов морской биоты	111
Введение	113
Глава 6А: Планктон (фитопланктон, зоопланктон, микробы и вирусы)	115
Ключевые тезисы	117
1. Введение	117
2. Резюме главы 6 первой «Оценки состояния Мирового океана»	118
3. Регионы, выбранные для настоящей «Оценки состояния Мирового океана»	119
4. Подсчеты разнообразия планктона	120
5. Микробный планктон	121
6. Метазойный зоопланктон	124
7. Зафиксированные тенденции	125
8. Перспективы	128
Справочная литература	129
Глава 6В: Морские беспозвоночные	141
Ключевые тезисы	143
1. Введение	143
2. Сжатое изложение ситуации, зафиксированной в первой «Оценке состояния Мирового океана»	143
3. Описание экологических изменений (с 2010 по 2020 год)	144
4. Международная и правительственная реакция	151

5. Достижение соответствующих целей в области устойчивого развития и вклад в выполнение задачи 11 из Айтинских задач в области биоразнообразия	153
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала	154
Справочная литература	154
Добавление, составленное Группой экспертов Регулярного процесса глобального освещения и оценки состояния морской среды, включая социально-экономические аспекты	159
Справочная литература	159
Глава 6C: Рыбы	161
Ключевые тезисы	163
1. Введение	163
2. Зафиксированные изменения в состоянии рыбного биоразнообразия	165
3. Последствия изменений в биоразнообразии для человеческих сообществ, экономик и благополучия	168
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	169
5. Перспективы	171
Справочная литература	172
Глава 6D: Морские млекопитающие	177
Ключевые тезисы	179
1. Введение	179
2. Китообразные	181
3. Ластоногие	184
4. Сирены	186
5. Куны и белый медведь	186
6. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия	187
7. Перспективы	188
8. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	189
9. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	190
Справочная литература	190
Глава 6E: Морские пресмыкающиеся	195
Ключевые тезисы	197
1. Введение	197
2. Статус сохранности морских пресмыкающихся	197
3. Региональные тренды	199
4. Угрозы	201
5. Экономические и социальные последствия изменений в популяциях морских пресмыкающихся	203
6. Основные пробелы в знаниях и в формировании потенциала	204
Справочная литература	205

Глава 6F: Морские птицы	211
Ключевые тезисы	213
1. Введение	213
2. Описание экологических изменений (с 2010 по 2020 год)	214
3. Последствия изменений в популяциях морских птиц для человеческих сообществ, экономик и благополучия	217
4. Перспективы	218
5. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	219
6. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	220
Справочная литература	220
Глава 6G: Морские растения и макроводоросли	225
Ключевые тезисы	227
1. Введение	227
2. Мангры	227
3. Растения соленых маршей	229
4. Морские травы	230
5. Макроводоросли	232
6. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия	238
7. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала	240
8. Перспективы	240
Справочная литература	241
Глава 7: Тенденции, характеризующие состояние биоразнообразия в морских местообитаниях	249
Введение	251
Глава 7A: Приливно-отливная зона	253
Ключевые тезисы	255
1. Введение	255
2. Описание экологических изменений с 2010 по 2020 год	258
3. Экономические и социальные последствия	259
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	259
5. Перспективы	260
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	261
7. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	261
Справочная литература	262
Глава 7B: Биогенные рифы и песчаные, илистые и скалистые береговые субстраты	265
Ключевые тезисы	267
1. Введение	267
2. Зафиксированные изменения в состоянии биогенных рифов и песчаных, илистых и скалистых береговых субстратов	270

3. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия	273
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	275
5. Перспективы	277
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях в формировании потенциала ..	278
Справочная литература	279
Глава 7C: Атолловые и островные лагуны	287
Ключевые тезисы	289
1. Введение	289
2. Зафиксированные изменения в состоянии атоллов и островных лагун	290
3. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия	293
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	294
5. Перспективы	295
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	295
7. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	296
Справочная литература	297
Глава 7D: Тропические и субтропические коралловые рифы	303
Ключевые тезисы	305
1. Введение	305
2. Описание экологических изменений с 2010 по 2020 год	306
3. Описание экономических и социальных последствий и/или других экономических или социальных изменений	307
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	308
5. Перспективы	310
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	311
7. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	311
Справочная литература	312
Глава 7E: Холодноводные кораллы	319
Ключевые тезисы	321
1. Введение и резюме первой «Оценки состояния Мирового океана»	321
2. Описание экологических изменений с 2010 по 2020 год	323
3. Экономические и социальные последствия	327
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	328
5. Перспективы	329
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	329
7. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	331
Справочная литература	331
Глава 7F: Эстуарии и дельты	337
Ключевые тезисы	339
1. Введение	339

2. Зафиксированные изменения в состоянии эстуариев и дельт	340
3. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия	342
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	343
5. Перспективы	344
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала	345
Справочная литература	346
Глава 7G: Луга морских трав	351
Ключевые тезисы	353
1. Введение	353
2. Социально-экономические последствия	354
3. Изменения (в региональной разбивке)	355
4. Перспективы	356
5. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	357
6. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	357
Справочная литература	360
Глава 7H: Мангры	363
Ключевые тезисы	365
1. Введение	365
2. Зафиксированные изменения в состоянии мангров с 2010 по 2020 год	366
3. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия	368
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	369
5. Перспективы	370
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала	371
Справочная литература	372
Глава 7I: Соленые марши	379
Ключевые тезисы	381
1. Введение	381
2. Описание экологических изменений с 2010 по 2020 год	383
3. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия	384
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	384
5. Перспективы	385
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	386
7. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	387
Справочная литература	388
Глава 7J: Континентальные склоны и подводные каньоны	393
Ключевые тезисы	395

1. Введение	395
2. Сдвиги в понимании склонов и каньонов	398
3. Экосистемные услуги и блага, предоставляемые склонами и каньонами	402
4. Антропогенные воздействия	403
5. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	404
6. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	406
Справочная литература	407
Глава 7К: Высокоширотные льды	421
Ключевые тезисы	423
1. Введение	423
2. Описание экологических изменений с 2010 по 2020 год	424
3. Экономические и социальные последствия	428
4. Перспективы	430
5. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала	431
Справочная литература	431
Глава 7L: Подводные горы и скалы	437
Ключевые тезисы	439
1. Введение	439
2. Описание изменений в знаниях с 2010 по 2020 год	440
3. Описание экономических и социальных изменений	441
4. Основные исследования последних лет (в региональной разбивке)	442
5. Перспективы	444
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	445
7. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	445
Справочная литература	446
Глава 7M: Абиссальные равнины	453
Ключевые тезисы	455
1. Введение	455
2. Сдвиг в базисных параметрах абиссального биоразнообразия и документирование его состояния и происходящих в нем изменений	456
3. Главные природные и антропогенные нагрузки	464
4. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия	466
5. Перспективы	468
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	469
Справочная литература	469
Глава 7N: Открытый океан	477
Ключевые тезисы	479
1. Введение	479
2. Экологические изменения в открытом океане с 2010 года	481

3. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия	484
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	486
5. Перспективы	487
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	488
7. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	488
Справочная литература	488
Глава 7O: Хребты, плато и желоба	495
Ключевые тезисы	497
1. Введение и резюме первой «Оценки состояния Мирового океана»	497
2. Описание экологических изменений с 2010 по 2020 год	499
3. Описание экономических и социальных изменений с 2010 по 2020 год	502
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	505
5. Перспективы	506
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	507
7. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	507
Справочная литература	508
Глава 7P: Гидротермальные источники и холодные просачивания	513
Ключевые тезисы	515
1. Введение	515
2. Экологические изменения за период после первой «Оценки состояния Мирового океана»	518
3. Экономические и социальные последствия	520
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	522
5. Перспективы	524
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	525
7. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	525
Справочная литература	525
Глава 7Q: Саргассово море	533
Ключевые тезисы	535
1. Введение	535
2. Изменения в состоянии	536
3. Институциональные механизмы	539
4. Последствия изменений	540
5. Перспективы	541
Справочная литература	541

Том II

Глава 8: Тенденции, характеризующие состояние человеческого общества в соотнесении с океаном	1
Глава 8А: Прибрежные сообщества и морские отрасли	3
Ключевые тезисы	5
1. Введение	5
2. Прибрежные сообщества	6
3. Промысловое рыболовство, добыча моллюсков и ракообразных и аквакультура	9
4. Судходство	10
5. Разработка морского дна	14
6. Морские углеводороды	14
7. Туризм и отдых	15
8. Морские генетические ресурсы	20
9. Морская возобновляемая энергетика	20
10. Опреснение	20
11. Производство соли	22
12. Основные пробелы в знаниях и в формировании потенциала	22
13. Перспективы	23
Справочная литература	24
Глава 8В: Влияние океана на человеческое здоровье	29
Ключевые тезисы	31
1. Введение	31
2. Общие аспекты зависимости здоровья людей от океана	31
3. Здоровье прибрежных сообществ по сравнению с сообществами, расположенными в глубине суши	37
4. Последствия контакта с зараженной морской водой	38
5. Проблемы для человеческого здоровья, которые вызывает питание морепродуктами	40
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала	42
7. Перспективы	43
Справочная литература	44
Часть пятая: Тенденции, характеризующие нагрузки на морскую среду	51
Глава 9: Нагрузки, обусловленные климатическими и атмосферными изменениями	53
Ключевые тезисы	55
1. Введение	55
2. Климатические нагрузки: экстремальные климатические явления и нагрузки, обусловленные изменениями физических и химических свойств океана	56
3. Формирование потенциала: Глобальная система наблюдений за закислением океана и Глобальная сеть по вопросам содержания кислорода в океане	66
4. Резюме	67
Справочная литература	68

Глава 10: Изменения в проникновении нутриентов в морскую среду	75
Ключевые тезисы	77
1. Введение	77
2. Ситуация, о которой сообщается в первой «Оценке состояния Мирового океана»	79
3. Характерные особенности и тенденции глобального масштаба	80
4. Характерные особенности и тенденции внутри регионов	83
5. Перспективы	90
Справочная литература	90
Глава 11: Изменения в осаждении в морской среде жидких веществ и атмосферных осадков с суши (в том числе через грунтовые воды), судов и морских установок	99
Ключевые тезисы	101
1. Введение	102
2. Ситуация, о которой сообщалось в первой «Оценке состояния Мирового океана»	102
3. Стойкие органические загрязнители, в том числе стоки, возникающие в результате использования сельскохозяйственных пестицидов	103
4. Металлы	111
5. Радиоактивные вещества	121
6. Фармацевтические препараты и средства личной гигиены	126
7. Атмосферные загрязнители (оксиды азота, оксиды серы)	129
8. Углеводороды, поступающие из наземных источников, с судов и морских установок (включая механизмы реагирования на разливы и утечки)	132
9. Другие вещества, используемые на морских установках или сбрасываемые с них	134
10. Связь с целями в области устойчивого развития	135
11. Основные сохраняющиеся в знаниях пробелы	136
12. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	138
Справочная литература	139
Глава 12: Изменения в объеме попадающих в морскую среду твердых отходов, за исключением отходов драгирования, и их распределении	151
Ключевые тезисы	153
1. Виды деятельности, приводящие к образованию морского мусора, включая пластмассы, брошенные орудия лова и микрочастицы и наночастицы пластмасс, а также оценка источников загрязнения, расположенных на суше, судах и морских установках	153
2. Сброс отходов в море, включая мусор с судов и осадки сточных вод	170
Справочная литература	177
Глава 13: Изменения в абразии и седиментации	185
Ключевые тезисы	187
1. Введение	187
2. Изменения в состоянии береговой абразии и седиментации	188

3. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия	192
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	193
5. Перспективы	195
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала	195
Справочная литература	196
Глава 14: Изменения в прибрежной и морской инфраструктуре	201
Ключевые тезисы	203
1. Введение	203
2. Зафиксированные изменения в состоянии морской и прибрежной инфраструктуры	204
3. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия	207
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	208
5. Перспективы	210
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала	211
Справочная литература	212
Глава 15: Изменения в промысловом рыболовстве и промысле морских беспозвоночных, относящихся к дикой фауне	215
Ключевые тезисы	217
1. Введение	217
2. Разница между уловом и выгрузкой, цели в области устойчивого развития и мелкое рыболовство	221
3. Выгруженные уловы беспозвоночных	225
4. Уровни прилова и косвенное воздействие	226
5. Послепромысловые рыбные потери	226
6. Потенциал для развития рыболовства	226
7. Использование белка и жиров морепродуктов в сельском хозяйстве и аквакультуре	226
8. Незаконный, несообщаемый и нерегулируемый рыбный промысел	227
9. Перспективы	228
10. Основные пробелы в знаниях	229
11. Основные пробелы в формировании потенциала	229
Справочная литература	230
Глава 16: Изменения в аквакультуре	235
Ключевые тезисы	237
1. Текущее состояние и основные улучшения	237
2. Аквакультура и окружающая среда	240
3. Аквакультура и общество	241
4. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	242

5. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	242
6. Перспективы	243
Справочная литература	244
Глава 17: Изменения в добыче и использовании морских водорослей	247
Ключевые тезисы	249
1. Введение	249
2. Зафиксированные изменения в области производства и использования морских водорослей (2012–2017 годы)	250
3. Последствия изменений в добыче и использовании морских водорослей для сообществ, экономик и благополучия	253
4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	253
5. Перспективы	254
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала	254
Справочная литература	255
Глава 18: Изменения в разработке морского дна	257
Ключевые тезисы	259
1. Введение	259
2. Изменения в масштабах и степени значимости разработки морского дна	262
3. Экологические аспекты	270
4. Экономические и социальные последствия	273
5. Потребности в наращивании потенциала	277
Справочная литература	278
Глава 19: Изменения в деятельности по разведке и добыче углеводородного сырья	281
Ключевые тезисы	283
1. Введение	283
2. Морская разведка и добыча углеводородов и вывод объектов из эксплуатации	285
3. Экономические, социальные и экологические аспекты морской разведки и добычи углеводородов и вывода соответствующих объектов из эксплуатации	288
4. Основные пробелы в знаниях и в формировании потенциала	290
5. Роль морского углеводородного сектора в содействии развитию морской возобновляемой энергетики	292
6. Заключение	293
Справочная литература	293
Глава 20: Динамика проникновения антропогенного шума в морскую среду	297
Ключевые тезисы	299
1. Введение	299
2. Описание состояния окружающей среды	300
3. Описание экономических и социальных последствий и других экономических и социальных изменений	308

4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)	308
5. Перспективы	310
6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях	312
7. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала	313
Справочная литература	313
Глава 21: Сдвиги в области возобновляемых источников энергии	321
Ключевые тезисы	323
1. Введение	323
2. Состояние морской возобновляемой энергетики на глобальном уровне	324
3. Потенциальное воздействие освоения морских возобновляемых источников энергии на окружающую среду	329
4. Социально-экономические выгоды и последствия использования морских возобновляемых источников энергии	332
5. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала	334
6. Ожидаемые будущие тенденции	336
7. Справочная литература	337
Глава 22: Инвазивные виды	343
Ключевые тезисы	345
1. Введение	345
2. Зафиксированные исходные показатели и изменения в чужеродных видах ..	347
3. Последствия для человеческих сообществ, экономики и благополучия людей ..	348
4. Основные исходные показатели, изменения и последствия по конкретным регионам	350
5. Перспективы	355
6. Прочее	357
Справочная литература	357
Глава 23: Изменения в области исследования и использования морских генетических ресурсов	363
Ключевые тезисы	365
1. Введение	365
2. Тенденции в период между 2010 и 2020 годами	366
3. Экономические и социальные последствия и изменения	370
4. Ключевые региональные изменения в области знаний и их последствия	371
5. Пробелы в формировании потенциала	371
6. Методологические проблемы и будущие тенденции	373
7. Морские генетические ресурсы и цели в области устойчивого развития	374
Справочная литература	376
Глава 24: Морские гидраты — потенциально формирующийся вопрос	381
Ключевые тезисы	383
1. Введение	383

2. Что такое морские гидраты?	383
3. Потенциальные риски, связанные с морскими метаногидратами	386
4. Морские гидраты как источник энергии	388
5. Основные пробелы в знаниях и в формировании потенциала	390
6. Перспективы	390
Справочная литература	390
Глава 25: Кумулятивные эффекты	395
1. Введение	397
2. Оценки кумулятивных эффектов	398
3. Региональное использование результатов оценок кумулятивных эффектов на морскую среду: распределение и подходы	402
4. Перспективы	407
Справочная литература	415
Часть шестая: Тенденции, характеризующие подходы к управлению морской средой	423
Глава 26: Сдвиги в морском пространственном планировании	425
Ключевые тезисы	427
1. Введение	427
2. Виды морского пространственного планирования	428
3. Морское пространственное планирование: поэтапный подход к экосистемно ориентированному хозяйствованию	429
4. Инструменты морского пространственного планирования	430
5. Прогресс в осуществлении морского пространственного планирования	432
Справочная литература	438
Глава 27: Сдвиги в подходах к хозяйствованию	443
1. Введение	445
2. Подходы к хозяйствованию	446
3. Совершенствование подходов к распоряжению океаном	451
4. Инструменты хозяйствования в поддержку смягчения последствий изменения климата и адаптации к ним, включая повышение устойчивости	460
5. Основные вопросы, касающиеся конкретных регионов	462
6. Формирование потенциала	464
7. Пробелы и перспективы на будущее	465
8. Перспективы	467
Справочная литература	468
Глава 28: Сдвиги в понимании общих выгод, получаемых человеком от океана	473
Ключевые тезисы	475
1. Введение	475
2. Блага и их распределение	480
3. Ущерб людям	481
4. Угрозы для обеспечиваемых океаном экосистемных услуг	481

5. Защита обеспечиваемых океаном выгод на основе регионального и международного сотрудничества и более эффективного осуществления норм международного права, отраженных в Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву	482
Справочная литература	485
Приложения	489
Приложение I: Исходный состав авторских коллективов, утвержденный Бюро	491
Приложение II: Состав рецензентов в разбивке по порученным им главам	499

Глава 8

Тенденции, характеризующие состояние человеческого общества в соотношении с океаном

Ведущий участник, ответственный за главу: Алан Симкок.

Глава 8А

Прибрежные сообщества и морские отрасли

Участники: Алан Симкок (координатор и ведущий участник, ответственный за главу), Остин Бекер, Марсело Бертеллотти, Леандра Гонсалвис, Мигель Иньигес, Осман Ке Камара (соведущий участник), Пола Кинер, Дженна Ламфир, Кэндас Мей, Ишмаэль Менса, Эсам Ясин Мохаммед (соведущий участник), Танья О'Гара, Кристина Пита, Жан Эдмон Рандрианантенаина, Режина Салвадор, Мария Сахиб, Анастасия Страти (соведущий участник), Жан-Клод Тибе и Энтони Чарлз.

Ключевые тезисы

- Около 40 процентов населения мира живет в прибрежной зоне, т. е. в пределах 100 км от побережья, и эта доля увеличивается.
- Прибрежные сообщества играют немаловажную роль в поддержке всех компонентов океанской экономики, целого ряда социальных и культурных ценностей, а также всех форм распоряжения и управления прибрежными и морскими районами. Хотя прибрежным сообществам приходится часто сталкиваться с факторами физической и социальной уязвимости, они вносят колоссальный вклад в природоохрану, в реагирование на морские опасности и в климатическую митигацию и адаптацию.
- Океан поддерживает широкий спектр экономической деятельности, включая добычу продовольствия, судоходство, разработку морского дна, разведку и добычу морских углеводородов, туризм и отдых, использование морских генетических ресурсов, производство опресненной воды путем обессоливания и производство соли. Масштабы разного рода экономической активности неуклонно растут. Области, углубленно не обсуждаемые здесь, рассматриваются более подробно в отдельных главах части 5 настоящей «Оценки», посвященных тенденциям нагрузок на морскую среду.
- На судовые перевозки приходится около 90 процентов (по объему) международного товаропотока, что делает их фундаментально значимыми для мировой экономики. Судоходство всё еще восстанавливается от экономического кризиса 2008–2011 годов.
- В целом по миру продолжается рост туризма, составляющий примерно 6 процентов в год. Во многих странах, особенно малых островных развивающихся государствах и архипелажных государствах, на прибрежный туризм приходится значительная доля всей экономической деятельности.
- Пандемия COVID-19 серьезно разладила судоходную и туристическую отрасли.
- Продолжает расти важность опреснения, особенно на Ближнем Востоке, в Северной Африке, в малых островных государствах и в архипелажных государствах. На стабильном (в целом) уровне остается производство морской соли, но такая соль составляет лишь около одной восьмой от производимой соли вообще.

1. Введение

В настоящей главе рассматриваются отношения человека и его экономической деятельности с океаном. Глава начинается с описания растущей концентрации человеческих популяций около побережья, а затем в ней дается обзор сообществ, в которых эти прибрежные популяции живут. После этого разбираются основные виды экономической деятельности, затрагивающие океан: добыча продовольствия в океане; судоходство; туризм и отдых; разработка морского дна; разведка и добыча морских углеводородов; использование морских генетических ресурсов; производство опресненной воды путем обессоливания; производство соли. Глава призвана рассказать, насколько это возможно, о масштабах активности в каждой из перечисленных отраслей, уровнях занятости в ней, ее гендерных аспектах и степе-

ни ее безопасности. Некоторые из отраслей подробно рассматриваются в части 5 с точки зрения вызываемых ими нагрузок. Поэтому, чтобы избежать дублирования, в настоящей главе содержатся отсылки к главам части 5. Вместе с тем более подробные сведения о судоходстве и туризме представлены в настоящей главе. Нагрузки, вызываемые судоходством, рассматриваются в главах 10 (загрязнение нутриентами), 11 (жидкие и атмосферные отходы) и 12 (твердые отходы). Инфраструктура туризма рассматривается в главе 14 (морская инфраструктура), а влияние туризма на виды и местообитания — в главах 6 и 7 (состояние видов и местообитаний). В подходящих случаях нагрузки со стороны этих отраслей отмечаются в настоящей главе постольку, поскольку они не освещены в других главах.

Принципиально важными компонентами экономической деятельности на побережье являются прибрежные сообщества, которые не только служат домом для людей, работающих или занятых во всяческих морских отраслях, но и отражают социальные и культурные аспекты побережья в форме разного рода творческих начинаний, традиционных устоев и причастности населения

2. Прибрежные сообщества

В главе 1 первой «Оценки состояния Мирового океана» (United Nations, 2017a) отмечалось, что 38 процентов населения земного шара живет в пределах 100 км от берега, 44 процента – в пределах 150 км, 50 процентов – в пределах 200 км и 67 процентов – в пределах 400 км (Small and Cohen, 2004). Подробнее этот момент анализировался в главе 18 первой «Оценки» (United Nations, 2017b), посвященной расположению и активности мировых портов, однако более общий анализ состояния прибрежных сообществ не проводился, поскольку обсуждение человеческой деятельности было сфокусировано на секторальных аспектах.

2.1. Прибрежное население и размер прибрежных сообществ

Озвучивались призывы к регулярному мониторингу и оценке процесса изменений в прибрежных районах (см., например, Shi and Singh, 2003), однако они относились в основном к национальному или региональному уровню. С начала 2000-х годов не опубликовано почти никакой литературы, посвященной прибрежному населению мира в целом. Из-за серьезности последствий подъема уровня моря появившиеся за этот период исследования были сосредоточены прежде всего на низинных прибрежных зонах, что суживало охват темы (например, Neumann and others, 2015).

Исследования, проведенные в начале 2000-х годов, показали, что по всему миру наблюдается сильное сосредоточение населения в прибрежных зонах. На рисунке I, взятом из исследования 2005 года, проведенного под эгидой Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) на основе национальных данных о населении, показана оценка глобальной плотности населения в 2015 году, осно-

к морю. Кроме того, прибрежные сообщества играют немаловажную роль в содействии многочисленным распорядительским, хозяйственным и управленческим мероприятиям в прибрежной и морской среде. С учетом этого в настоящей главе также представлен обзор прибрежных сообществ.

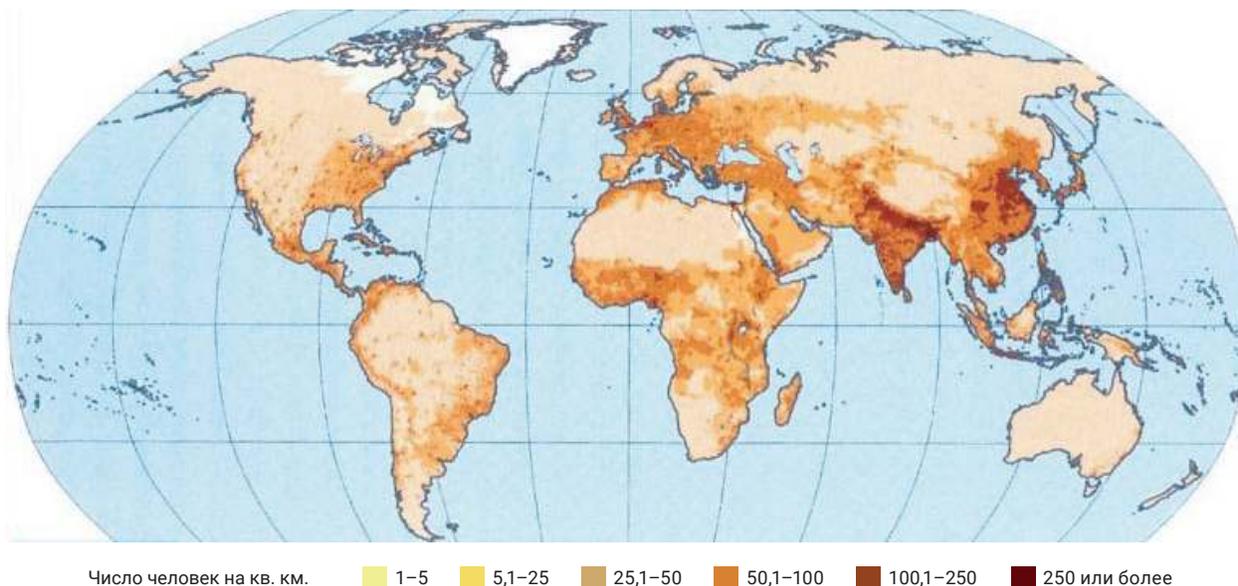
ванная на тенденциях, наблюдавшихся в течение пяти лет, предшествовавших исследованию. Этот проект основан на том, чтобы, используя спутниковые данные о наблюдаемых ночью источниках света, определять городские местности и перераспределять цифры, полученные в ходе переписей населения тех или иных административных единиц. Результирующая карта (рисунок I) показывает, что прибрежное население мира сосредоточено в основном в Восточной, Юго-Восточной и Южной Азии. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что концентрация населения в прибрежной зоне усиливается пропорционально общему росту численности населения в мире (Merkens and others, 2016). При этом для внутриконтинентальных государств сохраняет важность доступ к океану, в частности для морских перевозок.

Если прибрежная местность – городская, то эта концентрация в ней усиливается: 40 процентов людей, населяющих 100-километровую полосу от побережья, проживает на 4 процентах площади этой полосы (Small and Nicholls, 2003). Большая часть концентрации (около 90 процентов) приходится на прибрежные города с населением более 1 млн человек. В таблице 1 приведен анализ подобных городов из публикации «Города мира в 2018 году» (United Nations, Department of Economic and Social Affairs (UNDESA), 2018).

Из этого анализа следует, что основные концентрации городского прибрежного населения отмечаются в Восточной, Южной и Юго-Восточной Азии и что самые высокие темпы роста такого населения наблюдаются в этих регионах и в Африке к югу от Сахары.

На другом конце шкалы находятся десятки тысяч более мелких прибрежных сообществ по всему миру. Количество и населенность таких сообществ неизвестны. Однако представляется

Рисунок 1
Оценка плотности населения мира в 2015 году



Источник: Center for International Earth Science Information Network and FAO, 2005.

Таблица 1
Прибрежные города с населением более 1 миллиона человек в 2018 году

Регион	Количество прибрежных городов с населением более 1 млн чел. в 2018 г.	Общая численность населения этих городов в 2018 г. (млн чел.)	Диапазон среднегодовых темпов роста этих городов в 2000–2018 гг.
Африка к югу от Сахары	21	54,6	6,6–0,4
Северная Африка	6	16,1	3,5–0,7
Восточная Азия	60	258,7	6,3–0,1
Южная Азия	12	86,3	5,6–1,2
Юго-Восточная Азия	20	74,4	6,8–0,6
Западная Азия	14	44,8	5,2–1,3
Европа	19	48,1	1,5–(-0,1)
Латинская Америка и Карибский бассейн	28	94,2	2,7–(-0,1)
Северная Америка	15	66,5	2,7–0,2
Океания	5	16,8	2,1–0,9
Всего	200	760,5	

Источник: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 2018.

вероятным, что таких сообществ вдоль побережий мира много и что на одну единицу официального административного деления нередко приходится не одно сообщество, а гораздо больше. Так, недавняя оценка показывает, что в Новой Шотландии (Канада) насчитывается около 50 официальных муниципалитетов, но пример-

но 1000 отдельных прибрежных сообществ (Charles, 2020). Это означает, что прибрежные сообщества в мире характеризуются большим разнообразием, особенно проявляющемся в различиях между большими городами, о которых шла речь выше, и сельскими сообществами, где видное место занимают обычно такие формы эко-

номической деятельности, как рыболовство, аквакультура, судоходство и туризм.

Каким бы ни был размер сообщества, оно часто вносит свою лепту в распоряжение побережьем. При этом всё больше признается и ценится природоохранная роль прибрежных сообществ во всем мире, проявляющаяся в многочисленных местных инициативах по сохранению океана, благодаря которым нередко удается улучшить жизненный уклад и защищенность населения (Charles, 2017; Charles and others, 2020).

Природоохранная роль прибрежных сообществ всё больше ценится. Многие такие сообщества в разных районах мира и их жители, занимающиеся мелким рыболовством, развернули большое количество локальных инициатив по сохранению океана, часто становящихся весьма успешными. Успехи этих сообществ нередко коренятся в местных знаниях, структурах и взаимовыручке (Charles, 2017).

Всё бóльшую озабоченность вызывает уязвимость прибрежных сообществ к последствиям изменения климата. Это актуально при планировании развития туризма, особенно в малых островных развивающихся государствах, чья экономика зависит от туризма и рыбного хозяйства. Межправительственная группа экспертов по изменению климата заключает, что при нынешних тенденциях, когда у прибрежных сообществ усиливаются подверженность климатическим изменениям и уязвимость к ним, на всё текущее столетие следует прогнозировать значительный рост таких рисков, как береговая абразия, утрата территории, затопление, засоление и каскадные эффекты, вызываемые подъемом среднего уровня моря и экстремальными погодными явлениями (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019). Особенно уязвимы прибрежные сообщества в Арктике, в низколежащих (часто дельтовых) государствах наподобие Бангладеш и Гайаны, в районах частого прохождения циклонов или ураганов и в густонаселенных мегаполисах. С другой стороны, жизнь в прибрежной зоне приносит, по-видимому, пользу для здоровья (см. гл. 8В о влиянии океана на человеческое здоровье).

Небольшие прибрежные сообщества не только физически уязвимы к последствиям климатических изменений, но и социально уязвимы, осо-

бенно в сельской местности (Charles and others, 2019). Из-за своего географического положения и ограниченности своего доступа к здравоохранению, товарам, транспорту и другим услугам сельские прибрежные сообщества уязвимы к погодным явлениям и наводнениям. Чувствительность к рыночным флюктуациям в силу зависимости от природных ресурсов, а также бедность, ограниченность экономических возможностей и убыль населения создают проблемы при попытках адаптироваться (Armitage and Tam, 2007; Amundsen, 2015; Bennett and others, 2016; Metcalf and others, 2015; May, 2019c). Подобные факторы напрягают материальные возможности и становятся испытанием для социальных и нравственных устоев, настраивающих на коллективное решение проблем (Amundsen, 2015; May, 2019a). Способность сообщества мобилизовать коллективные ресурсы в ответ на угрозы становится более реальной, если люди деятельно заботятся друг о друге и о месте, где они живут (Amundsen, 2015; May, 2019b; Wilkinson, 1991). Это может зависеть от привязанности к истории, культуре или экологическому контексту конкретного места и/или к живущим там людям. В условиях сильной социальной однородности и медленных демографических изменений такая привязанность может становиться потенциальным источником сопротивления изменениям, а в условиях сильной социальной неоднородности и быстрых демографических изменений — базой для конфликта (Graham and others, 2018; May, 2019b, 2019c). Совокупное воздействие физической и социальной уязвимости особенно сильно ударяет по имеющимся у сообщества возможностям как раз в тот момент, когда донельзя возрастает важность коллективных действий по митигации и адаптации (May, 2019b, 2019c).

Межправительственная группа экспертов по изменению климата предупреждает, что для наиболее уязвимых наших сообществ, многие из которых находятся в прибрежной зоне, необходима преобразовательная митигация и адаптация с целью смягчить наихудшие последствия климатических изменений. Большинство государств уже не рассматривают постепенные перемены как вариант: считается, что нужны более радикальные меры по ослаблению воздействий меняющегося климата и по адаптации к нему. Формы реагирования на угрозы, связанные с из-

менением климата, разнообразны и включают комбинирование жестких и мягких средств для защиты побережий. Широко практикуется создание искусственных сооружений, например дамб или валов, но это, как правило, требует больших затрат и технических забот, чем меры, вписывающиеся в экосистему, например использование маршей, мангров, рифов или морских трав (см. также разд. 7.3). Ограниченность имеющихся данных не позволяет оценить эффективность затрат как на жесткие, так и мягкие меры, особенно разного масштаба или в разных географических регионах (Oppenheimer and others, 2019), хотя существуют оценки на уровне отдельных государств (см., например, Environment Agency of the United Kingdom, 2015). По подсчетам Все-

мирного банка, если не предпринять конкретных действий в сфере климата и развития, то всего лишь в трех регионах (Африка к югу от Сахары, Южная Азия и Латинская Америка) более 143 млн человек могут оказаться вынужденными переселиться к 2050 году в другой район своей страны, чтобы избежать медленно наступающих последствий изменения климата (Rigaud and others, 2018). В качестве эффективного подхода к решению этих проблем, вызываемых в прибрежных районах изменением климата и другими побудителями, широко рассматривается комплексное управление прибрежной зоной (Nicholls and Klein, 2005; Nicholls and others, 2007; см. также гл. 27 о подходах к хозяйствованию).

3. Промысловое рыболовство, добыча моллюсков и ракообразных и аквакультура

Добыча продовольствия в море представляет собой крупнейшую морскую отрасль в плане количества задействованных людей. В 2017 году общая стоимость всего объема продукции при первой продаже составила примерно 221 млрд долл. США, из которых 95 млрд приходилось на продукцию морской аквакультуры (включая рыбу, моллюсков, ракообразных и водоросли). Эти цифры включают небольшую долю продукции, не идущей в пищу (FAO, 2019). Промысловое рыболовство подробнее рассматривается в главе 15, аквакультура — в главе 16, а добыча морских водорослей — в главе 17.

Мировой рыболовный флот насчитывал в 2017 году около 4,5 млн судов, причем эта цифра остается относительно стабильной с 2008 года. В глобальном масштабе чуть менее трети рыболовного флота по-прежнему составляют безмоторные суда, что указывает на значительность доли мелкого и натурального рыболовства. Лишь 2 процента от всего флота составляют суда общей длиной 24 м и более, а около 36 процентов судов имеют общую длину менее 12 м (FAO, 2019).

В 2017 году к промысловому рыболовству и морской аквакультуре было причастно примерно 135 млн человек, из которых около 120 млн приходилось на первую отрасль, а около 15 млн —

на вторую. Занятость в промысловом рыболовстве (в отличие от рыболовства натурального) составляет около 40,4 млн человек, а в морской аквакультуре — около 15,6 млн. Чуть меньше контингент тех, кто занят на обработке добытой продукции. Около 13 процентов этой наемной рабочей силы — женщины. Если же учитывать и натуральное рыболовство, то доля женщин среди тех, кто занят в этой группе отраслей, составляет около 50 процентов (FAO, 2019; World Bank and others, 2012). За недавнее время не проводилось обследований смертности и травматизма в рыбной промышленности. Самое же последнее из проводившихся обследований показывает, что у занятых в этой отрасли отмечаются гораздо более высокие производственные смертность и травматизм, чем в других отраслях: примерно в 18–40 раз выше среднего показателя в ряде развитых стран, по которым имелись статистические данные (Petursdottir and others, 2001).

Рыболовство (за исключением натурального рыболовства) и аквакультура зависят от разветвленных цепочек, обеспечивающих доставку продукции от производителя к потребителю. Пандемия COVID-19 создает для рыбной отрасли непростые проблемы, особенно в отношении международной торговли продукцией, и разлаживает эти цепочки. Пострадали и рыболовные опера-

ции: в марте и апреле 2020 года промысловое усилие сократилось на примерно 6,5 процента. В некоторых районах (например, в Средиземном и Черном морях) остановилось мелкое рыболовство. В будущем необходимость предохраняться от COVID-19 приведет к более строгой регламен-

тации порядка действий как на воде, так и при послепромысловой обработке (FAO, 2020).

Подробнее о промысловом рыболовстве, аквакультуре и добыче морских водорослей см. в главах 15, 16 и, соответственно, 17.

4. Судходство

4.1. Ситуация, отраженная в первой «Оценке состояния Мирового океана»

Когда составлялась первая «Оценка состояния Мирового океана», международное судходство всё еще восстанавливалось от финансового кризиса, который произошел в 2008–2011 годах. Обычно считается, что на судовые перевозки приходится 90 процентов международного грузооборота, но один из приведенных в первой «Оценке» расчетов сдвинул этот показатель к 75 процентам по объему и к примерно 60 процентам по стоимости (United Nations, 2017f).

4.2. Грузовые перевозки

До 2020 года восстановление мировой экономики после 2011 года находило отражение в росте мировой торговли и, как следствие, в тоннаже грузов, перевозимых международным морским транспортом (рисунок II). Если считать в тонно-милях, т.е. учитывать расстояния, на которые перевозились грузы, то рост окажется еще больше (United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2019). Восстановление всё еще продолжается, и на него серьезно повлияло сильное падение мировой торговли, вызванное кризисом COVID-19.

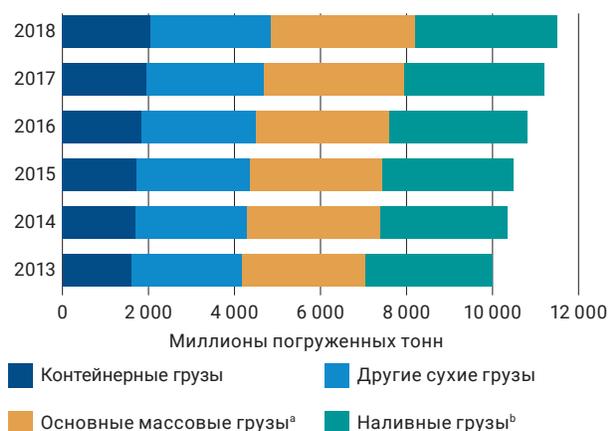
Вместе с тем следует сказать, что указанный рост происходил на фоне слабой конкуренции в международном судходстве. Экономический кризис 2008–2011 годов случился в тот момент, когда мировая судходная отрасль разместила заказы на значительное увеличение судового тоннажа, чтобы удовлетворять спрос на грузовые перевозки, который в предыдущие годы возрастал. Новые суда были поставлены, когда спрос начал падать, и, как результат, в 2010-е годы судходная отрасль работала в условиях избытка предложения, что приводило к снижению фрахтовых ставок. С 2020 года всту-

пают в действие меры по дальнейшему контролю выбросов загрязняющих веществ с судов, и на судходную отрасль лягут дополнительные нагрузки, связанные с необходимостью модифицировать эксплуатируемые ею суда. Чтобы соответствовать новым требованиям (подробнее см. в гл. 11), суда должны либо заправляться топливом с более низким содержанием серы (оно может быть дороже, поскольку обычно суда заправлялись топливом с высоким содержанием серы, которое пользовалось меньшим спросом), либо оснащаться модифицированными скрубберами для очистки судовых выхлопов. В главе 11 описываются и другие экономические нагрузки подобного рода. Совокупный эффект от сохраняющегося избытка производственных мощностей и от повышения эксплуатационных затрат пока не выяснен (UNCTAD, 2019).

Многие годы погружаемый объем грузов в портах развивающихся странах было меньше разгружаемого, свидетельствуя о дисбалансе в морских перевозках. Ко времени первой «Оценки» эти объемы в среднем почти выровнялись, а в последующий период погружаемый объем грузов в развивающихся странах превышает разгружаемый. Даже если не считать Китай, который является среди развивающихся стран крупнейшим импортером/экспортером, в развивающихся странах всё равно отмечается преобладание разгрузки (UNCTAD, 2019).

Контейнерный грузооборот по-прежнему сосредоточен на основных восточно-западных артериях Северного полушария (азиатско-европейский, транстихоокеанский и трансатлантический маршруты), на которые приходятся 40 процентов всех контейнерных перевозок. Остальные 60 процентов приходятся на внутрирегиональные перевозки (27 процентов), другие восточно-западные маршруты в Северном полушарии (13 процентов), грузооборот между странами

Рисунок II
Международные морские перевозки
в 2013–2018 годах в разбивке по видам грузов



Источник: UNCTAD, 2019.

^а «Основные массовые грузы» — это железная руда, зерно и уголь.

^б «Наливные грузы» — это сырая нефть, нефтепродукты, газ и химикаты.

Южного полушария (12 процентов) и северо-южные маршруты (8 процентов) (UNCTAD, 2019). В то же время растет тенденция к консолидации контейнерных перевозок, по причине чего совокупная рыночная доля 10 ведущих компаний, занимающихся такими перевозками, увеличилась с 68 процентов в 2014 году до 90 в 2019-м. Это сочетается с возвращением интереса к тому, чтобы интегрировать в операции контейнерных перевозчиков еще и перевозки от грузоотправителя в порт и из порта к конечному грузополучателю. Эти изменения способны подорвать конкуренцию и тем самым привести к более высоким транзитным расходам (UNCTAD, 2019).

Общемировой флот судов, перевозящих все эти грузы, насчитывал на начало 2019 года 96 295 судов с дедвейтом 1,97 млрд т. Наибольшая (по дедвейту) доля на рынке судов, доминирующих в мировом флоте, принадлежит балкерам (42,6 процента) и нефтяным танкерам (28,7). Значительная часть мирового тоннажа по-прежнему регистрируется в относительно небольшом количестве регистров. Почти 70 процентов мирового тоннажа зарегистрировано в семи регистрах: Панама (17 процентов), Маршалловы Острова (12), Либерия (12), Гонконг, специальный административный район Китая (10), Сингапур (7), Мальта (6) и Китай (5). Ни в одном другом регистре не

числится более 4 процентов мирового тоннажа (UNCTAD, 2019).

В свою очередь, собственность на суда и контроль над ними по-прежнему сосредоточены в руках фирм из относительно небольшого числа стран. В 2019 году более 50 процентов мирового тоннажа приходилось на пять экономик: Греция, Япония, Китай, Сингапур и Гонконг (Китай). С 2015 по 2019 год Греция, Сингапур, Китай и Гонконг (Китай) увеличили принадлежащую или контролируемую ими долю (UNCTAD, 2019).

Строительство новых судов остается сосредоточенным прежде всего в Китае, Республике Корея и Японии, на которые суммарно приходится 90 процентов всех работ по строительству грузовых судов. Что касается демонтажа судов, чей срок службы подошел к концу, то и он остается сосредоточенным в тех же странах, о которых сообщалось в первой «Оценке». В 2018 году 47,2 процента от совокупного известного тоннажа самоходных морских судов валовой вместимостью 100 т и более, проданных на утилизацию, было разделано в Бангладеш; далее следовали Индия (25,6 процента), Пакистан (21,5), Турция (2,3), Китай (2) и остальной мир (1,4). Доля Индии, Китая и Турции на этом рынке сокращается (UNCTAD, 2019).

В 2020 году мировую торговлю сильно разладила пандемия COVID-19. Спрос на транспортировку сырья и готовой продукции значительно упал, а спрос на транспортировку товаров медицинского назначения вырос (United Nations Coordinating Committee on Statistical Activities (UNCCSA), 2020). В целом активность грузовых перевозок существенно снизилась: например, грузопоток из Европейского союза в Китай и Соединенные Штаты упал за первую 31 неделю 2020 года по сравнению с 2019 годом на 47 и, соответственно, 25 процентов, а грузопоток в обратном направлении — на 26 и, соответственно, 38 процентов (European Maritime Safety Agency (EMSA), 2020).

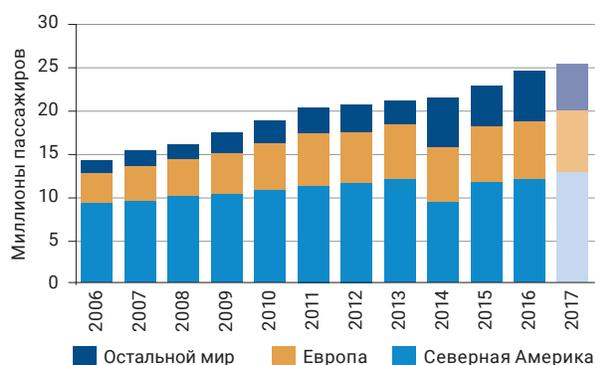
4.3. Пассажирские перевозки

Морские пассажирские перевозки почти полностью осуществляются местными паромными или круизными судами. Структура паромных перевозок остается такой же, какой она была описана в первой «Оценке», но их объем стабиль-

но растет (International Shipping Economics and Logistics (ISL), 2017).

Продолжала стабильно расти и активность круизных судов, стимулируемая ростом мирового рынка круизов: число пассажиров увеличивается в среднем на примерно 5 процентов в год (рисунок III). Размеры круизных судов тоже стабильно растут (рисунок IV). В целом на рынке по-прежнему преобладают пассажиры из Соединенных Штатов (около 50 процентов от всего рынка), а глобальное распределение круизов совпадает в основном с описанием в первой «Оценке», т. е. основными направлениями являются Карибский бассейн и Средиземноморье, на которые в 2017 году суммарно пришлось чуть

Рисунок III
Число пассажиров на круизных судах в 2006–2017 годах (в млн чел.)



Источник: ISL, 2017.
Примечание. Статистика за 2017 год носит оценочный характер.

Рисунок IV
Количество круизных судов и их валовая вместимость



Источник: ISL, 2017.

более половины всего пассажиропотока (Cruise Lines International Association, 2018).

В первой «Оценке» был отмечен относительно недавний, но стремительный рост туризма в Антарктику. Особенно заметным стал рост такого туризма на круизных судах: с сезона 2003–2004 годов (27 324 пассажира) по сезон 2013–2014 годов (37 044 пассажира) он составил 35 процентов. Этот рост продолжился, достигнув в сезоне 2017–2018 годов 51 700 пассажиров (увеличение еще на 40 процентов), и на сезон 2018–2019 годов прогнозировался выход на показатель в 55 750 пассажиров. При этом более 80 процентов туристов спускаются в Антарктике на берег (International Association of Antarctic Tour Operators, 2018). Места судовой активности и пункты спуска пассажиров на берег сильно сконцентрированы в нескольких конкретных акваториях, в частности вдоль юго-западного побережья Антарктического полуострова. Рост антарктического туризма плотно коррелирует с состоянием экономики стран, направляющих в этот регион наибольшее число туристов: 60 процентов туристов прибывают из Соединенных Штатов (33 процента), Китая (16) и Австралии (11). В периоды с 2013 по 2014 год и с 2017 по 2018 год значительно возростала доля туристов из Китая. Рынок антарктических туров, вероятно, далек от насыщения, так что спрос продолжит, скорее всего, расти (Bender and others, 2016). За исключением некоторых категорий судов, таких как частные яхты, судоходство в данном регионе регламентируется новым Полярным кодексом, обязательным к исполнению (International Maritime Organization (IMO), 2015).

Туризм стремительно растет и в Арктике: с 2006 по 2016 год летний туризм вырос в четыре раза, а зимний — более чем на 600 процентов, хотя большие территории остаются не затронутыми. Этот рост будет, видимо, сказываться на арктических экосистемах и сообществах, особенно в условиях, когда сокращение ледяного покрова делает новые части Арктики открытыми, появляются новые аэропорты и продолжается рекламирование этого региона (Runge and others, 2020).

В начале 2020 года паромный пассажиропоток из-за пандемии COVID-19 значительно упал, но к августу того же года он начал восстанавливаться (например, EMSA, 2020). По той же причине рез-

ко сократилась активность круизных судов: в августе 2019 года на борту них находилось 1,8 млн человек, а в августе 2020-го — только небольшое число членов экипажа (EMSA, 2020).

4.4. Моряки

Число моряков, служащих на международных торговых судах, оценивалось в 2015 году в 1 647 500 человек, из которых 774 000 были офицерами и 873 500 рядовыми. В 2020 году будет проведено новое обследование. Выявлена пятерка стран, являющихся крупнейшими поставщиками моряков вообще: Китай, Филиппины, Индонезия, Российская Федерация и Украина. Крупнейшим поставщиком офицеров назван Китай; за ним следуют Филиппины, Индия, Индонезия и Российская Федерация. Что касается рядового состава, то крупнейшим поставщиком были Филиппины; за ними следуют Китай, Индонезия, Российская Федерация и Украина. В 2015 году появились расчеты, указывавшие на нехватку офицеров (около 16 500 человек) и избыток рядового состава (около 119 000). Прогнозируется стабильный рост мирового предложения офицеров, но ожидается, что он не будет успевать за ростом спроса на них (Baltic and International Maritime Council and International Chamber of Shipping, 2016). В первой «Оценке» были описаны важные международные документы, касающиеся защиты моряков.

Наиболее достоверная оценка доли женщин среди моряков по-прежнему указывает на пример-

но 2-процентный показатель, причем женщины представлены в основном в персонале круизных судов (International Transport Workers Federation (ITF), 2019).

Ограничения на поездки и пересечение границ, введенные в 2020 году для борьбы с распространением COVID-19, привели для моряков к серьезному кризису. По оценкам, в июле 2020 года этим кризисом было затронуто 600 000 моряков: примерно 300 000 человек продолжали работать на борту из-за проблем со сменой экипажа, а столько же человек ждали на суше, когда их вызовут на судно (ITF, 2020).

4.5. Пиратство и вооруженный разбой против судов

С 2015 по 2019 год несколько сократилась общая частота совершения и покушения на совершение пиратства и вооруженного разбоя против судов (таблица 2). Самыми активными районами пиратства и вооруженного разбоя остаются акватории Юго-Восточной Азии и Западной Африки.

4.6. Экологические воздействия

Тема судовых сбросов и выхлопов и сточных вод обсуждается (вместе с другими видами загрязнения жидкими и атмосферными отходами) в главе 11, тема замусоривания с судов — в главе 12, а тема шумового воздействия судов на океан — в главе 20.

Таблица 2

Эпизоды совершения и покушения на совершение пиратства и вооруженного разбоя против судов в 2015–2019 годах

Регион	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Восточная Азия	31	16	4	7	5
Юго-Восточная Азия	147	68	76	60	53
Южная Азия	24	17	15	18	4
Восточная Африка, Красное море и Аденский залив	3	6	13	5	4
Западная Африка и Средиземное море	32	57	45	82	67
Южная Америка	8	22	24	25	24
Остальной мир	1				
Всего	246	191	180	201	162

Источник: International Maritime Bureau of the International Chamber of Commerce, 2020.

Экологические воздействия, связанные с ростом судоходства в Северном Ледовитом океане, рассматриваются в главе 7К. Предпринимаются шаги для того, чтобы надежно подготовиться к такому росту: Международная морская организация приняла Международный кодекс для судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярный кодекс¹, который является обязательным согласно Международной конвенции по охране человеческой жизни на море² и Меж-

дународной конвенции по предотвращению загрязнения с судов³ (IMO, 2015). В свою очередь, Арктический совет наладил механизмы для предупреждения чрезвычайных ситуаций, обеспечения готовности к ним и реагирования на инциденты с судами, а в 2011 году принял юридически обязывающее Соглашение о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасании в Арктике (Arctic Council, 2011).

5. Разработка морского дна

В отрасли, занимающейся разработкой морского дна, есть две составляющие. Одна из них — это разработка относительно мелководных месторождений, уже давно осуществляемая рядом стран в пределах их собственных вод. Другая — это потенциальная добыча полезных ископаемых на глубоководных участках морского дна, которая в промышленных масштабах еще не началась. К устоявшимся видам добычной деятельности относятся, в частности: добыча песчано-гравийной смеси во многих западноевропейских странах; разработка алмазных россыпей в Намибии; разработка оловянных россыпей в нескольких странах Юго-Восточной Азии; добыча

железистого песка, налаженная недавно в Новой Зеландии. Кроме того, в Мексике, Намибии и Новой Зеландии разворачиваются проекты по добыче фосфоритов. Подробнее об устоявшихся и потенциальных видах деятельности см. в главе 18, посвященной разработке морского дна.

Давно ведущиеся добычные работы несопоставимы между собой, поскольку речь идет об очень разных странах и ситуациях. Не имеется общих обзоров экономической стороны таких работ, и не проводилось обследований занятости, смертности и травматизма среди рабочих или заработной платы в отрасли.

6. Морские углеводороды

В 2016 году примерно 27 процентов мировой добычи нефти и 30 процентов добычи природного газа приходилось на морские месторождения. Нефть из таких месторождений добывается в более чем 50 разных странах, включая Бразилию, Мексику, Норвегию, Саудовскую Аравию и Соединенные Штаты (International Energy Agency, 2018). Что касается природного газа, то лидерами по его морской добыче были в 2017 году Австралия, Исламская Республика Иран, Катар и Норвегия. Общемировой объем капиталовложений в эту морскую отрасль составил за 2018 год 155 млрд долл. США, а к 2021 году прогнозируется достижение планки в 200 млрд. Подробнее

см. в главе 19, посвященной разведке и добыче углеводородов.

В главе 21 первой «Оценки» (United Nations, 2017с) был представлен обзор социальных аспектов морской углеводородной отрасли. Этот обзор сохраняет в целом актуальность. Показатели занятости неизбежно отмечаются значительными колебаниями, зависящими от мировых цен на сырую нефть и от капиталовложений, планируемых нефтегазовыми компаниями. Рабочая сила набирается преимущественно из глобального контингента профессионалов.

¹ Международная морская организация, документ MEPC 68/21/Add.1, приложение 10.

² United Nations, *Treaty Series*, vol. 1185, No. 18961.

³ Международная морская организация, документ MEPC 62/24/Add.1, приложение 19, резолюция MEPC.203(62).

7. Туризм и отдых

7.1. Ситуация, отраженная в первой «Оценке состояния Мирового океана»

В главе 27 первой «Оценки» (United Nations, 2017d) был разобран весь спектр тех аспектов туристической и рекреационной деятельности, которые затрагивают океан. К этим аспектам относились: масштабность, в том числе стремительный рост на протяжении нескольких десятилетий; социально-экономическая составляющая, в том числе экономическое значение для многих стран (в особенности малых островных развивающихся государств); потребность в искусственных сооружениях; многочисленные нагрузки, создаваемые туристами и их деятельностью для морской среды. Из этих аспектов была выделена тема круизов, разобранная как часть главы 17 о судоходстве.

В настоящей «Оценке» тема связанной с туризмом инфраструктуры и застройки рассматривается в главе 14, а тема атмосферных, жидких и твердых отходов, образующихся в результате туристической деятельности,— в главах 11 и 12. Что же касается настоящего раздела, то в нем разбираются социально-экономические аспекты туризма.

Совсем недавно картина существенно изменилась из-за пандемии COVID-19. Всемирная туристская организация прогнозирует вероятность того, что количество прибытий международных туристов в 2020 году упадет по сравнению с 2019 годом в диапазоне от 58 до 78 процентов — в зависимости от того, что произойдет во второй половине года с ограничениями на поездки, введенными в рамках усилий по борьбе с COVID-19. В марте 2020 года количество прибытий упало по сравнению с 2019 годом на 60 процентов (UNCCSA, 2020). Наиболее пострадали страны, которые сильно зависят от туризма, включая островные государства в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах (Pacific Community, 2020; UNCCSA, 2020).

7.2. Масштабность и распределение туризма

Если не считать круизы, то влияющая на океан туристическая деятельность сосредоточена в

основном в прибрежной зоне. Статистики, которая показывала бы масштабность туризма в прибрежной зоне по всему миру, не имеется. У некоторых стран с крупной туристической отраслью, например у Греции, в силу их географических особенностей очень крупная доля этой отрасли будет неизбежно приходиться на прибрежные районы. Но и опыт других стран в разных регионах мира продолжает говорить о том, что прибрежный туризм остается крупным компонентом туризма вообще. В дополнение к сведениям, приведенным в первой «Оценке», можно привести следующие примеры:

- a) в странах Европейского союза четыре из пяти регионов с самым высоким уровнем туристической активности в 2016 году (Канарские острова, Каталония, Адриатическая Хорватия и Балеарские острова) были прибрежными (пятым регионом стал Иль-де-Франс вокруг Парижа) (European Commission, 2018);
- b) доля туристов в Республике Корея, посещающих прибрежную зону, увеличилась с 49,5 процента в 2000 году до 69,1 в 2010-м, а общее число людей, побывавших в 2014 году на пляже, составило 69 млн (Chang and Yoon, 2017);
- c) в Южной Африке на пункты, расположенные в четырех прибрежных провинциях (Северо-Капская, Западно-Капская, Восточно-Капская и Квазулу-Натал), пришлось в 2015 году 28 процентов всех туристических поездок и 40 процентов всех туристских расходов. В целом на прибрежных направлениях существенно преобладали отечественные туристы (на 1,6 млн поездок иностранных туристов пришлось 9,8 млн поездок отечественных туристов). Туристическая активность особенно сконцентрирована вокруг Кейптауна и в округе Этеквини (включающем Дурбан), на которые в 2015 году суммарно приходилось 75 процентов всех туристских расходов в прибрежных районах Южной Африки (Rogerson and Rogerson, 2018, 2019).

Международные путешествия и связанный с ними туризм играют видную роль во многих частях мира, особенно если речь идет о туризме под девизом «солнце, море и песок». Относи-

тельно быстрые темпы роста международных путешествий, отмечавшиеся в первой «Оценке», сохранялись в течение 2010-х годов (таблица 3) и с 2011 по 2017 год. В целом по миру рост числа международных туристов в 2011–2017 годах оставался на уровнях, превышающих долгосрочные, и достиг среднегодового показателя в 5,7 процента, что немного выше показателя, зафиксированного в первой «Оценке». Предполагаемый доход от международного туризма продолжал расти во всем мире в среднем на 4,0 процента в год, но не соразмерно числу прибывающих туристов. Это означает, что туристы стали тратить в среднем меньше. Однако глобального роста числа туристов достаточно, чтобы с лихвой компенсировать это уменьшение,

и доля туризма в экспортной выручке во всем мире продолжает повышаться (World Bank, 2019). Глобальная динамика численности туристов и размера их расходов характеризуется значительными региональными различиями (таблица 4). Существенные межрегиональные различия наблюдаются и по абсолютным масштабам туризма. С 2011 по 2017 год некоторые страны Южной и Юго-Восточной Азии (Бангладеш, Индия, Мальдивские Острова, Мьянма и Пакистан) суммарно достигли увеличения числа въезжающих международных туристов на 119 процентов (правда, стартовые показатели были у них относительно низкими). Этим они далеко опередили другие регионы, у которых такой рост составил в целом менее 10 процентов (таблица 4). Вместе с тем

Таблица 3

Въездной международный туризм в разбивке по регионам мира

Регион	Число въехавших международных туристов (млн чел.)		Среднегодовое увеличение в 2011–2017 гг. (проценты)	Расходы въехавших международных туристов (млрд долл. США)		Среднегодовое увеличение в 2011–2017 гг. (проценты)	Средняя доля расходов въехавших международных туристов в экспортной выручке (проценты)	
	2011 г.	2017 г.		2011 г.	2017 г.		2011 г.	2017 г.
Весь мир	997,7	1 341,5	5,7	1 231,0	1 525,7	4,0	5,5	6,7
Восточная Азия и Тихий океан	206,8	300,6	7,6	291,2	373,0	4,7	4,5	5,2
Европа и Центральная Азия	512,8	669,5	5,1	534,6	594,5	1,9	5,7	6,3
Латинская Америка и Карибский бассейн	75,9	112,4	8,0	70,9	101,8	7,3	5,1	7,8
Ближний Восток и Северная Африка	75,2	89,2	3,1	74,0	112,5	8,7	5,5	10,8
Северная Америка	79,1	98,0	4,0	208,1	272,3	5,1	7,8	9,5
Южная Азия	10,4	22,8	119,2	23,0	37,9	10,8	4,4	6,5
Африка к югу от Сахары	33,1	42,4	4,7	29,0	34,4	3,1	5,8	9,2

Источник: World Bank, 2019 (данные скомпилированы).

Таблица 4
Прибытия международных туристов в разбивке по регионам мира

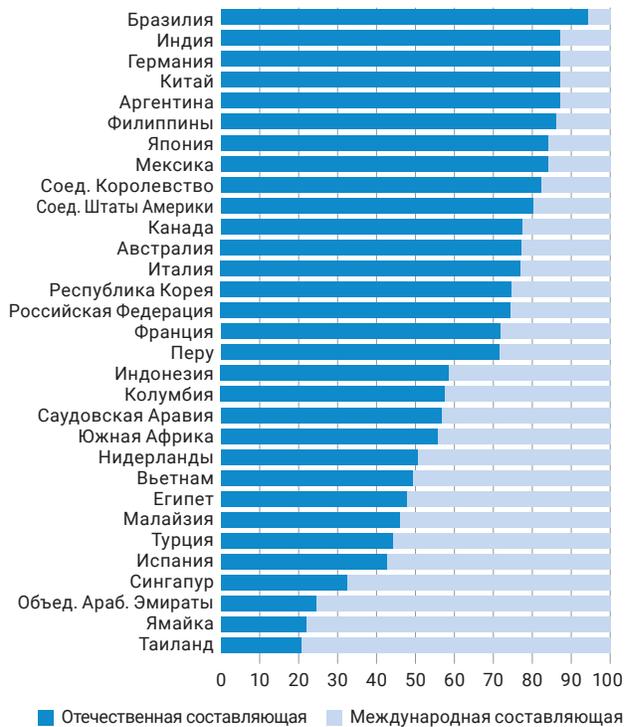
Регион	Прибытия международных туристов в 2017 году (проценты)
Весь мир	100
Восточная Азия и Тихий океан	22,5
Европа и Центральная Азия	49,9
Латинская Америка и Карибский бассейн	8,4
Ближний Восток и Северная Африка	6,7
Северная Америка	7,4
Южная Азия	1,3
Африка к югу от Сахары	3,3

Источник: World Bank, 2019 (данные скомпилированы).

у таких карибских государств, как Доминиканская Республика и Ямайка, рост составил около 25 процентов, что намного выше среднего по региону показателя (World Bank, 2019). На Ближнем Востоке и в Северной Африке рост числа туристов был относительно низким, но рост доходов от туризма – существенным, что позволяет предположить более высокий класс услуг, предлагаемых туристической отраслью (World Bank, 2019).

На туристическом рынке в большинстве стран с крупной экономикой доминирует внутренний туризм (рисунок V), и во всем мире 73 процента трат, связанных с туризмом и путешествиями, – это траты из внутренних источников (World Tourism and Travel Council (WTTC), 2018). Разумеется, внутренний туризм и путешествия по собственной стране отнюдь не всегда затрагивают морскую среду, но, как отмечалось выше, прибрежный туризм является крупным компонентом туризма вообще. Рост же туризма вообще сопровождался ростом внутреннего туризма, годовые темпы которого во многих странах Азиатско-Тихоокеанского региона, таких как Китай, Малайзия и Филиппины оцениваются за период

Рисунок V
Соотношение расходов, производимых в 31 стране отечественными и международными туристами и путешественниками (в процентах)



Источник: WTTC, 2018.

2011–2017 годов в более чем 10 процентов (WTTC, 2018).

7.3. Воздействия на морскую среду

Во всех районах туризма основное воздействие на морскую среду оказывают прибрежная застройка, включая изъятие земли под здания (гостиницы, рестораны, магазины розничной торговли и др.) и под транспортную инфраструктуру (морские порты, аэропорты, железнодорожные вокзалы и др.), и необходимость оборудовать жесткие сооружения для защиты побережья, уличное освещение и канализацию (см. также гл. 14). Если такая застройка не сопровождается эффективным планированием и регулированием, то она может катастрофически сказаться на морской флоре и фауне. Например, бесплановая застройка в албанском заливе Влёра на протяжении 15 лет привела к исчезновению 50 процентов лугов морских трав и существенному

сокращению макроводорослей (Fraschetti and others, 2011).

К значительным экономическим выгодам могут приводить в туристических регионах мелиорация или подпитка пляжей, а именно восстановление там песка, который был удален прибрежными течениями или экстремальными погодными явлениями (Klein and Osleeb, 2010). Например, экономические выгоды от восстановления пляжа Сондо в Пусане (Республика Корея) от ущерба, нанесенного в 2003 году тайфуном, были оценены в примерно 230 млн долл. США (Chang and Yoon, 2017).

Существенным элементом преодоления воздействий прибрежного туризма на морскую среду является организация пляжного хозяйства. Для того чтобы туристы, приезжающие ради «солнца, моря и песка», находили условия более привлекательными, обычно выполняется очистка пляжей и сооружение дамб, однако это заметно сказывается на местной флоре и фауне, что констатировалось в первой «Оценке». Исследования продолжают показывать, что пляжам, интенсивно используемым для туризма, сопутствуют менее богатые экосистемы, чем экосистемы у сравнимых пляжей, расположенных в той же местности, но на территории охраняемого района (примерами могут служить пляжи на побережье Нью-Джерси (Соединенные Штаты) (Kelly, 2014) и неподалеку от Кадиса (Испания) (Reyes-Martínez and others, 2015), и что дамбы поддерживают на 23 процента меньше биоразнообразия и на 45 процентов меньше организмов, чем естественные береговые линии (Gittman and others, 2016).

К числу других мер по привлечению туристов на пляжи относится создание искусственных рифов для серфинга. В первой «Оценке» был зафиксирован определенный успех таких сооружений, а сейчас стало известно о новом проекте — создании надувного искусственного рифа в Банбери (Австралия) (West Australian, 2019). Важное значение может также иметь национальное законодательство, облегчающее публичный доступ к побережьям и пляжам.

7.4. Наслаждение дикой морской природой

7.4.1. Дайвинг

Значительным элементом морского туризма остается подводное плавание с дыхательной трубкой или аквалангом, которое позволяет туристам наслаждаться дикой подводной природой. Существенный рост (около 25 процентов) этого вида досуга, зафиксированный с 2000 по 2013 год и отраженный в первой «Оценке», в настоящее время замедлился, но всё еще продолжается. Согласно статистике Профессиональной ассоциации инструкторов по дайвингу, рост количества заведений, предлагающих обучение дайвингу, составил с 2013 по 2019 год примерно 6 процентов (в 2019 году таких заведений насчитывалось около 6600), индивидуальных инструкторов — примерно 1 процент (в 2019 году их насчитывалось около 137 000), а обученных за год людей — примерно 11 процентов (в 2019 году их насчитывалось около 1 млн) (Professional Association of Diving Instructors, 2019).

Основной интерес к дайвингу проявляется в районах, наделенных коралловыми рифами: кораллы и другая рифовая биота впечатляют и привлекают большое число туристов, желающих их увидеть. Как указывалось в первой «Оценке», исследования указывают на то, что в некоторых районах удается организовывать коралло-рифовый туризм так, чтобы при этом поддерживались состояние и здоровье рифов (например, путем ограничения числа дайверов в конкретной акватории, регламентации их поведения и вообще разъяснительной работы с ними). Вместе с тем исследования продолжают указывать и на то, что в других районах контактирование дайверов с кораллами приводит к повреждению рифов. Недавнее исследование коралловых рифов вокруг острова Бонайре в карибской части Нидерландов выявило, что вероятная активность дайвинга как минимум вдвое превышает условный верхний предел, за которым наступает, скорее всего, причинение вреда (см. Hawkins and Roberts, 1997), что этот вред причиняется в основном неумышленно и что его можно контролировать путем более продуманной организации (Jadot and others, 2016).

Когда сооруженные в море объекты выводятся из эксплуатации, значительное их количество перепрофилируется в искусственные рифы. В одном только Мексиканском заливе к 2018 году сооружений подобного рода, используемых в этом качестве, насчитывалось 532 (Bureau of Safety and Environmental Enforcement of the United States, 2020). В 2016 году было подсчитано, что с 2017 по 2021 год будет выведено из эксплуатации около 600 таких сооружений. Не все они приспособлены для их освоения дайверами, но значительная их часть ими осваивается (Van Elden and others, 2019).

В подводном плавании с аквалангом появляется новая область интересов: погружение в воду над илистыми субстратами, которое называется «мак-дайвингом» (от английского «muck» — грязь, ил) и посвящено в основном поиску редких, загадочных видов, которые редко увидишь на коралловых рифах. Не так давно было выполнено исследование, в котором изучалась ценность «мак-дайвинга», демографический состав его участников и обслуживающего персонала и потенциальные угрозы для отрасли. Установлено, что в Индонезии и на Филиппинах туризм, выстроенный вокруг «мак-дайвинга», суммарно приносит в год более 150 млн долл. США. В нем трудоустроено более 2200 человек, и он привлекает более 100 000 дайверов в год (De Brauwer and others, 2017).

7.4.2. Созерцание дикой природы

Значительным элементом прибрежного туризма остается созерцание птиц («авитуризм»), однако сведения о прибрежном авитуризме редко можно вычленивать из сведений о созерцании птиц вообще. Активизируются усилия по популяризации любования птицами в целом как стимула для туризма. Нидерландский центр по продвижению импорта из развивающихся стран (а международный туризм рассматривается как экспорт из страны, куда прибыли туристы) назвал Индию, Кению, Намибию и Объединенную Республику Танзания значимыми направлениями авитуризма, а Бразилию, Коста-Рику, Марокко, Шри-Ланку, Эквадор и Южную Африку намечающимися его направлениями (Netherlands Enterprise Agency, 2019). Статистические данные скудны, однако представляется вероятным, что в некоторых районах наступило насыщение рынка: про-

веденное в Соединенных Штатах национальное обследование по вопросам досуга и окружающей среды показало, что в 2012 году число людей, совершающих авитуристические экскурсии, в том числе внутри страны, составило 19,9 млн, а в 2016 году снизилось до 17,6 млн (United States National Survey of Fishing, Hunting and Wildlife-Associated Recreation, 2016).

В первой «Оценке» сообщалось, что глобальный оборот в такой сфере туризма, как созерцание китов, составляет около 2,1 млрд долл. США. Эта сфера остается значимым видом туристической деятельности: подсчитано, что в 2017 году в турах «посмотреть на китов» участвовало во всем мире около 13 млн человек; по сообщениям, в Исландии с 2015 года эта сфера росла на 20 процентов в год (Hoyt, 2009, 2017), а в Перу с 2008 по 2018 год она поднялась с 0 до 3 млн долл. США (Guidino, 2020). Любование китами может способствовать природоохране благодаря изменению отношения людей к диким животным и естественным местообитаниям (Argüelles and others, 2016), особенно если коммерческие туроператоры рассказывают туристам о долгосрочных преимуществах бережного подхода к природе (Wearing and others, 2014). На роль туристического развлечения чаще всего выбираются виды, обитающие в прибрежных средах, — из-за их легкодоступности. При правильной организации любование китов протекает относительно безвредно (Argüelles and others, 2016). Однако неконтролируемые экскурсии могут оказывать на них беспокоящее воздействие, вызывая изменения в их естественном поведении, которые могут, в свою очередь, повлиять на их распространение, воспроизводство и выживание (Williams and others, 2006; Lusseau and others, 2006). Международная китобойная комиссия, правительства и неправительственные организации старались сделать этот вид туризма во всем мире более щадящим природу и разрабатывали руководства и кодексы поведения, призванные как сократить его негативное воздействие, так и усилить для туристов просветительский момент (Garrod and Fennel, 2004; Cole, 2007; Argüelles and others, 2016; International Whaling Commission, 2019).

В первой «Оценке» упоминались расчеты, согласно которым глобальные поступления от туров, посвященных созерцанию акул, составляют 300 млн долл. США в год. Обзор таких туров в Ав-

стралии подтверждает достоверность этих расчетов, поскольку ежегодные расходы туристов на созерцание акул в одной только Австралии оценены в 28,5 млн долл. США (Huveneers and others, 2017).

7.4.3. Прогулочное судоходство

В главе 27 первой «Оценки» (United Nations, 2017d) был зафиксирован устойчивый рост прогулочного судоходства в странах, по которым имелась статистика за предыдущие 50 лет, но было отмечено небольшое сокращение в Соединенных Штатах, происшедшее с 2012 по 2013 год (последний период, за который имелась информация). Сейчас можно констатировать, что

в Соединенных Штатах рост более или менее остановился: в 2018 году количество зарегистрированных прогулочных судов, некоторые из которых эксплуатируются во внутренних водах, по-прежнему составляет чуть менее 12 млн — столько же, сколько и в 2013 году (National Marine Manufacturers Association (NMMA), 2018). В Европейском союзе количество прогулочных судов тоже оставалось примерно постоянным (на уровне около 6 млн), а возраст людей, занимающихся прогулочным судоходством, значительно увеличился, свидетельствуя о том, что молодежь к нему не приобщается. С другой стороны, в других регионах существует, похоже, активный рынок для новых прогулочных судов (Ecoys, 2015).

8. Морские генетические ресурсы

Деятельность по коммерческому освоению морских генетических ресурсов остается по большей части сосредоточенной в сравнительно узком круге стран. Некоторое представление о масштабах деятельности в этом секторе позволяет получить тот факт, что в настоящее время проходят клинические испытания 28 кандидатов в лекарственные препараты, полученных из натуральных морских продуктов, а 10 таких препаратов уже одобрены регулирующими ведом-

ствами и что на рынке открыто присутствуют 76 космецевтических ингредиентов, полученных из натуральных морских продуктов. В фармацевтических и промышленных исследованиях изучение морских генетических ресурсов обычно не вычленяется в самостоятельный сектор, а социально-экономические аспекты морского компонента имеют ограниченный масштаб и не могут пока рассматриваться отдельно. Подробнее см. в главе 23 о морских генетических ресурсах.

9. Морская возобновляемая энергетика

Энергия, извлекаемая из ее возобновляемых морских источников, а именно из ветра, волн и приливов, всё заметнее питает национальные энергораспределительные системы в ряде стран (впрочем, этого не происходит в Африке и не проявляется сколь-нибудь значительно в Америке). Из этих технологий шельфовая ветроэнергетика является наиболее зрелой и технически продвинутой, вырабатывая около 28,3 МВт в 18 странах (International Renewable Energy Agency (IRENA),

2020c). Подробнее см. в главе 21 о возобновляемых источниках энергии.

Общая занятость в секторе наземной и шельфовой ветроэнергетики составила в 2018 году около 1,2 млн рабочих мест, из которых 240 000 (т. е. 20 процентов) были связаны с шельфовым сектором. Женщины составляют примерно 21 процент лиц, занятых в ветроэнергетике в целом (IRENA, 2020a, 2020b).

10. Опреснение

10.1. Ситуация, отраженная в первой «Оценке состояния Мирового океана»

В главе 28 первой «Оценки» было показано, что установленные в мире мощности для производ-

ства пресной воды путем обессоливания морской воды, бывшие в 1965 году незначительными, давали в 2015 году объемы, доходящие до примерно 86,5 млн м³ в день (United Nations, 2017e). В опреснении применяются по преиму-

шеству два метода: мембранный, по которому работает 71 процент мощностей, и термический, на котором работает 29 процентов. Около 27 процентов от общемировых мощностей обнаруживаются у государств в районе Персидского залива, а подавляющее их большинство там (96 процентов) — у шести членов Совета сотрудничества стран Залива (Бахрейн, Катар, Кувейт, Объединенные Арабские Эмираты, Оман и Саудовская Аравия). Значительные мощности, приуроченные к морским акваториям, существуют также в Австралии, Алжире, Израиле, Испании, Китае, Соединенных Штатах, Японии, на таких островах, как Мальта и Сингапур, а также на многих карибских островах.

К числу экологических воздействий, вызываемых эксплуатацией опреснительных установок, в первой «Оценке» были отнесены выброс парниковых газов, забор питательной воды и сброс рассола. Влияние забора воды на морскую биоту (если только речь не идет о микроскопических организмах) и влияние сброса отходов (где могут содержаться значительные количества хлора, меди и антинакипинов) можно минимизировать с помощью надлежащей конструкции установок.

Как было также отмечено в первой «Оценке», рост населения в государствах, испытывающих нехватку пресной воды, и последствия климатических изменений станут, скорее всего, приводить к тому, что опреснение будет всё чаще рассматриваться как адаптационная мера для сообществ, страдающих от усиливающегося дефицита воды и вызываемого этим стресса.

10.2. Нынешние опреснительные мощности и процессы

Опреснительные мощности в мире продолжали расти. Если в 2015 году установленные мощности были рассчитаны на 86,5 млн м³ в день, то в 2018 году этот показатель достиг 97,4 млн м³ в день; при этом 48 процентов данных мощностей приходилось на Ближний Восток и Северную Африку (International Desalination Association (IDA), 2019; Jones and others, 2019).

Мембранный способ опреснения остается доминирующим (более 65 процентов продукции), хотя в членах Совета сотрудничества стран Залива сохраняет важность многоступенчатая дистил-

ляция, которая связана там с выработкой электроэнергии из нефти или газа и на которой основывается около 60 процентов мощностей (IDA, 2019; Mogielnicki, 2020).

Представляется вероятным повышение спроса на опресненную морскую воду со стороны горной промышленности. Так, в Чили предполагается значительное увеличение опреснительного производства в связи с добычей меди: ожидается, что к 2027 году медедобывающей промышленности будет требоваться около 1 млн м³ опресненной воды в день, что почти на 200 процентов превышает уровень 2016 года (Comisión Chilena del Cobre, 2016).

Глобальной статистики занятости в опреснительных операциях не имеется. Однако подсчитано, что в 2010–2030 годах потребуются еще 50 000 технических специалистов разного уровня квалификации для обслуживания опреснительных установок на Ближнем Востоке и в Северной Африке. Если исходить из того, что соотношение между прогнозируемым увеличением объема производства в этом регионе и требующимся в связи с этим персоналом приложимо ко всему миру, то общемировая численность рабочей силы, занятой в настоящее время на опреснении, может составлять около 400 000 человек (Ghaffour, 2009).

10.3. Возможные нагрузки на океан

Как отмечалось выше, преобладающая точка зрения на сброс отходов с опреснительных установок заключалась в том, что при надлежащей их конструкции неблагоприятные воздействия на океан можно минимизировать. Однако недавно появилось исследование по вопросу о воздействии опреснительных работ на океан, и его авторы считают, что объемы рассола, сбрасываемого в океан при опреснении, недооценивались, как недооценивалось и потенциальное воздействие этого рассола на морскую среду (Jones and others, 2019). По их оценкам, ежедневный сброс рассола составляет 142 млн м³, из которых 48 процентов сбрасывается в районе Персидского залива. Авторы утверждают также, что сильносоленая вода может быть весьма вредной для флоры и фауны морского дна. С другой стороны, сообщения из Австралии, основанные на семилетних наблюдениях за участком, куда

падают сбросы с крупной опреснительной установки, обслуживающей Сидней, были неоднозначными: с одной стороны, у некоторых морских беспозвоночных в 100-метровом радиусе от сбросов наблюдались признаки отрицательного воздействия, а с другой — в рассматриваемом районе выросло количество усоногих (Clark and

others, 2018) и наблюдалось трехкратное увеличение количества рыб (Kelaheer and others, 2020). В Израиле шесть лет велся мониторинг сбросов рассола с двух крупных опреснительных установок, который не выявил почти никакого воздействия на качество морской воды (Kress and others, 2020).

11. Производство соли

11.1. Ситуация, отраженная в первой «Оценке состояния Мирового океана»

В первой «Оценке» производство соли было рассмотрено лишь вкратце, с точки зрения его важности для культурных аспектов питания. Было отмечено, что, хотя производство соли путем выпаривания морской воды сохраняет значение, большая часть соли добывается из подземных месторождений каменной соли и залежей рассола. Было отмечено также сохраняющееся значение производства морской соли для некоторых стран, таких как Бразилия, Индия и Испания (United Nations, 2017f).

11.2. Нынешняя ситуация

Производство соли путем выпаривания морской воды по-прежнему является значительным источником соли в разных районах мира. Одна-

ко всеобъемлющей, общемировой статистики до сих пор не имеется. В своем обзоре мировой добычи полезных ископаемых Британская геологическая служба приводит цифры, согласно которым мировой объем производства соли вообще составляет 265 млн т, а объем производства соли из морской воды — около 35 млн т (таблица 5), но не называет при этом источник соли для многих стран и констатирует, что соль производится также в ряде стран, по которым данных не имеется (Brown and others, 2019). В большинстве регионов, по которым данные имеются, производство соли из морской воды оставалось относительно стабильным, за одним примечательным исключением: в Индии оно на 34 процента увеличилось (таблица 5). Численность рабочей силы, занятой в производстве морской соли, неизвестна.

12. Основные пробелы в знаниях и в формировании потенциала

Что касается прибрежных сообществ, то необходима более полная информация об их состоянии, угрозах, с которыми они сталкиваются, и их социально-экономической ситуации. Особенно это относится к сообществам коренных народов — учитывая ту немаловажную роль, которую они играют в морских отраслях, в социальных и культурных аспектах, а также в сохранении океана.

Что касается морских отраслей, то пробелы в знаниях и в формировании потенциала, затрагивающие добычу продовольствия в море, обозначены в главах 15–17, разработку морского дна — в главе 18, морские углеводороды — в главе 19, морскую возобновляемую энергетику — в главе 21, а морские генетические ресурсы — в главе 23.

Что касается судоходства, то основные пробелы в знаниях относятся к социальным аспектам. Например, необходима более полная информация о травматизме и смертности среди моряков и о других аспектах их благополучия. В некоторых регионах существуют такие пробелы в формировании потенциала, которые касаются обучения и повышения квалификации моряков: число моряков, поставляемых Африкой и Южной Америкой, несоразмерно меньше доли этих континентов в мировом населении. Учитывая прогнозируемую нехватку офицерского состава, просматривается возможность для расширения обучения в таких областях.

Что касается туризма, то информации о масштабах прибрежного и морского туризма и о его ро-

Таблица 5
Производство соли из морской воды (в тыс. т)

Страна или территория	Производство морской соли в 2013 г.	Производство морской соли в 2017 г.
Албания	49 ^a	47 ^a
Алжир	172	160 ^a
Бангладеш	1 439	1 496
Бонайре (Нидерланды)	400 ^a	400 ^a
Бразилия	5 926	6 000 ^a
Гватемала	60 ^a	60 ^a
Индия	17 517	23 500 ^a
Испания	1 221	1 111
Колумбия	113	165
Маврикий	4	1
Мозамбик	150	140 ^a
Никарагуа	30 ^a	30 ^a
Пакистан	297	209
Португалия	91	115
Сальвадор	100 ^a	60 ^a
Филиппины	992	993 ^a
Черногория	10 ^a	10 ^a
Всего	28 571 ^a	34 537 ^a

Источник: Brown and others, 2019 (адаптировано).

^a Приблизительно.

сте не так много, как по туризму в целом. Ощущается также нехватка общемировой информации о социально-экономических аспектах прибрежного и морского туризма. В частности, недостает информации о том, насколько прибрежный и морской туризм благотворен для стран, куда приезжают туристы, и о ситуации с занятостью в этой отрасли.

13. Перспективы

Перспективы отдельно взятых отраслей описываются в главах, посвященных этим отраслям (гл. 15–19, 21 и 23).

Перспективы судоходства тесно связаны с развитием мировой экономики. Судоходная отрасль во многом преодолела проблемы, возникшие в результате экономического кризиса 2008–2011 годов, однако сохраняется такой момент, как контроль загрязнения воздуха, и представляется

Что касается опреснительного производства, то можно было бы дополнительно изучить соотношение между конструкторским оформлением процесса сброса отходов и воздействием этого сброса на морскую среду.

вероятным усиление концентрации грузовых перевозок. В свою очередь, будущее круизной отрасли тесно связано с ростом располагаемого дохода в странах с крупной экономикой.

Уровень активности в туристической отрасли, включая прибрежный и морской туризм, регулируется размерами дискреционного располагаемого дохода. Поэтому перспективы прибрежного и морского туризма зависят от того, будут

ли туристы, прибывающие из стран и регионов, откуда они в основном прибывают сейчас, готовы тратить столько же денег в дальнейшем и будет ли повышаться интерес к прибрежному и

морскому туризму у населения других стран при повышении его дискреционного располагаемого дохода.

Справочная литература

- Amundsen, Helene (2015). Place attachment as a driver of adaptation in coastal communities in Northern Norway. *Local Environment*, vol. 20, No. 3, pp. 257–276.
- Arctic Council (2011). *Agreement on Cooperation on Aeronautical and Maritime Search and Rescue in the Arctic*. <https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/531>.
- Argüelles, María Belén, and others (2016). Impact of whale-watching on the short-term behavior of Southern right whales (*Eubalaena australis*) in Patagonia, Argentina. *Tourism Management Perspectives*, vol. 18, pp. 118–24. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2016.02.002>.
- Armitage, Derek, and Chui-Ling Tam (2007). A political ecology of sustainable livelihoods in coastal Sulawesi, Indonesia. *Canadian Journal of Development Studies/Revue Canadienne d'études Du Développement*, vol. 28, No. 1, pp. 39–57.
- Baltic and International Maritime Council and the International Chamber of Shipping (BIMCO/ICS) (2016). *Manpower Report: The Global Supply and Demand for Seafarers in 2015*. Bagsværd, Denmark: BIMCO.
- Bender, Nicole A., and others (2016). Patterns of tourism in the Antarctic Peninsula region: a 20-year analysis. *Antarctic Science*, vol. 28, No. 3, pp. 194–203.
- Bennett, Nathan James, and others (2016). Communities and change in the anthropocene: understanding social-ecological vulnerability and planning adaptations to multiple interacting exposures. *Regional Environmental Change*, vol. 16, No. 4, pp. 907–926.
- Brown, T., and others (2019). *World Mineral Production 2013–2017*. Nottingham, United Kingdom: British Geological Survey.
- Bureau of Safety and Environmental Enforcement of the United States (BSEE) (2020). *Rigs to Reefs*. www.bsee.gov/what-we-do/environmental-focuses/rigs-to-reefs.
- Center for International Earth Science Information Network and Food and Agricultural Organization of the United Nations (2005). *Mapping Global Urban and Rural Population Distributions: Estimates of Future Global Population Distribution to 2015*, Environment and Natural Resources Series, No. 24. Rome: FAO, annex.
- Chang, Jeong-In, and Sungsoon Yoon (2017). Assessing the Economic Value of Beach Restoration: Case of Song-do Beach, Korea. *Journal of Coastal Research*, vol. 79, No. sp1, pp. 6–10. <https://doi.org/10.2112/SI79-002.1>.
- Charles, A. (2017). Chapter 21 – The big role of coastal communities and small-scale fishers in ocean conservation. In *Conservation for the Anthropocene Ocean*, Phillip S. Levin and Melissa R. Poe, eds., pp. 447–61. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805375-1.00021-0>.
- _____ (2020). *Looking to the Future in Nova Scotia's Coastal Communities*. Halifax, Canada: Saint Mary's University.
- Charles, A., and others (2019). *Addressing the Climate Change and Poverty Nexus: A Coordinated Approach in the Context of the 2030 Agenda and the Paris Agreement*. Rome; 2019. Rome: FAO.
- Charles, A., and others. (2020). *Looking to the Future in Nova Scotia's Coastal Communities*. Halifax, Canada: Saint Mary's University.
- Clark, Graeme F., and others (2018). First large-scale ecological impact study of desalination outfall reveals trade-offs in effects of hypersalinity and hydrodynamics. *Water Research*, vol. 145, pp. 757–768.

- Cole, Stroma (2007). Implementing and evaluating a code of conduct for visitors. *Tourism Management*, vol. 28, No. 2, pp. 443–51. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2006.03.010>.
- Comisión Chilena del Cobre (CCC) (2016). *Proyección de Consumo de Agua En La Minería Del Cobre 2016–2027*. Santiago, Chile.
- Cruise Lines International Association (CLIA) (2018). *2018 Global Passenger Report*. <https://cruising.org/-/media/research-updates/research/clia-global-passenger-report-2018.pdf>.
- De Brauwer, Maarten, and others (2017). The economic contribution of the muck dive industry to tourism in Southeast Asia. *Marine Policy*, vol. 83, pp. 92–99.
- Ecorys (2015). *Study on the Competitiveness of the Recreational Boating Sector*. Rotterdam: European Consortium for Sustainable Industrial Policy.
- Environment Agency of the United Kingdom (2015). *Cost Estimation for Coastal Protection – Summary of Evidence*. Bristol, United Kingdom: Environment Agency.
- European Commission (2018). *Eurostat News, Coastal Regions: Popular Tourist Destinations*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/EDN-20180927-1>.
- European Maritime Safety Agency (EMSA) (2020). *COVID-19 Impact on Shipping*. www.emsa.europa.eu/newsroom/covid19-impact/item/4037-august-2020-covid-19-impact-on-shipping-report.html.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2019). *Fishery and Aquaculture Statistics 2017*. Rome. www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2017_USBcard/index.htm.
- _____ (2020) = Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) (2020). *Краткое описание воздействия пандемии COVID-19 на сектор рыболовства и аквакультуры: добавление к докладу Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020*. Рим. <https://doi.org/10.4060/ca9349ru>.
- Fraschetti, Simonetta, and others (2011). Effects of Unplanned Development on Marine Biodiversity: A Lesson from Albania (Central Mediterranean Sea). *Journal of Coastal Research*, vol. 2011, No. 10058, pp. 106–115. https://doi.org/10.2112/SI_58_10.
- Garrod, Brian, and David A. Fennell (2004). An analysis of whalewatching codes of conduct. *Annals of Tourism Research*, vol. 31, No. 2, pp. 334–52. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2003.12.003>.
- Ghaffour, Noreddine (2009). The challenge of capacity-building strategies and perspectives for desalination for sustainable water use in MENA. *Desalination and Water Treatment*, vol. 5, Nos. 1–3, pp. 48–53.
- Gittman, Rachel K., and others (2016). Ecological consequences of shoreline hardening: a meta-analysis. *BioScience*, vol. 66, No. 9, pp. 763–73. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw091>.
- Graham, Sonia, and others (2018). Local values and fairness in climate change adaptation: insights from marginal rural Australian communities. *World Development*, vol. 108, No. C, pp. 332–43. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.12.008>.
- Guidino, Chiara, and others (2020). Whale-watching in Northern Peru: An economic boom?, *Tourism in Marine Environments*, January 2020. <https://doi.org/10.3727/154427320X15819596320544>.
- Hawkins, Julie P., and C.M. Roberts (1997). Estimating the carrying capacity of coral reefs for scuba diving. In *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, 2: pp. 1923–1926. Smithsonian Tropical Research Institute Panama.
- Hoyt, Erich (2009). Whale watching. In *Encyclopedia of Marine Mammals*, William F. Perrin, and others, eds., 2nd ed., pp. 1223–27. Academic Press.
- _____ (2017). *The Global Status and True Value of Whale Watching: A Presentation to the Conference Organised by the Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme on Whales in a Changing Ocean*. www.sprep.org/attachments/Publications/Presentation/whale-conference/global-status-and-true-value-of-whale-watching.pdf.
- Huveneers, Charlie, and others (2017). The economic value of shark-diving tourism in Australia. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 27, No. 3, pp. 665–80. <https://doi.org/10.1007/s11160-017-9486-x>.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019) = Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) (2019). *Океан и криосфера в условиях изменяющегося климата: специальный доклад МГЭИК: резюме для политиков*, под ред. Ханса-Отто Пёртнера и др., Межправительственная группа экспертов по изменению климата.
- International Association of Antarctic Tour Operators (IAATO) (2018). *IAATO Overview of Antarctic Tourism: 2017–18 Season and Preliminary Estimates for 2018–19 Season*. Antarctic Treaty Consultative Meeting XLI, Information Paper 071. www.ats.aq/devAS/Meetings/DocDatabase?lang=e.
- International Desalination Association (IDA) (2019). *Dynamic Growth for Desalination and Water Reuse in 2019*. <https://idadesal.org/dynamic-growth-for-desalination-and-water-reuse-in-2019/>.
- International Energy Agency (IEA) (2018). *Offshore Energy Outlook. World Energy Outlook Series*. www.iea.org/reports/offshore-energy-outlook-2018.
- International Maritime Bureau of the International Chamber of Commerce (2020). *Piracy and Armed Robbery against Ships: Report for the Period 1 January to 31 December 2019*. ICC IMB. London.
- International Maritime Organization (IMO) (2015) = Международная морская организация (ИМО) (2015). *Международный кодекс для судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярный кодекс)*. Документ ИМО МЕРС 68/21/Add.1, приложение 10.
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2020a). *Renewable Capacity Statistics*. Abu Dhabi: IRENA.
- _____ (2020b). *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2019*. Abu Dhabi: IRENA.
- _____ (2020c). *Wind Energy: A Gender Perspective*. Abu Dhabi: IRENA.
- International Shipping Economics and Logistics (ISL) (2017). *Shipping Statistics and Market Review 2017*, vol.61, No. 7. Bremen, Germany: ISL.
- International Transport Workers Federation (ITF) (2019). *Women Seafarers*. www.itfseafarers.org/en/issues/women-seafarers.
- _____ 2020. *Press release: 300,000 seafarers trapped at sea*. www.itfglobal.org/en/news/300000-seafarers-trapped-sea-mounting-crew-change-crisis-demands-faster-action-governments.
- International Whaling Commission (IWC) (2019). *Whale Watching Handbook*. <https://wwhandbook.iwc.int/en>.
- Jadot, Catherine, and others (2016). Intentional and Accidental Diver's Contact to Reefs at Popular Locations in the Dutch Caribbean. *Diving for Science 2016*, p. 74.
- Jones, Edward, and others (2019). The state of desalination and brine production: a global outlook. *Science of the Total Environment*, vol. 657, pp. 1343–1356.
- Kelaker, Brendan P., and others (2020). Effect of desalination discharge on the abundance and diversity of reef fishes. *Environmental Science & Technology*.
- Kelly, Jay F. (2014). Effects of human activities (raking, scraping, off-road vehicles) and natural resource protections on the spatial distribution of beach vegetation and related shoreline features in New Jersey. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 18, No. 4, p. 383.
- Klein, Yehuda L., and Jeffrey Osleeb (2010). Determinants of coastal tourism: a case study of Florida beach counties. *Journal of Coastal Research*, vol. 26, No. 6, pp. 1149–1156.
- Kress, Nurit, and others (2020). Seawater quality at the brine discharge site from two mega size seawater reverse osmosis desalination plants in Israel (Eastern Mediterranean). *Water Research*, vol. 171, art. 115402.
- Lusseau, David, and others (2006). An individual-based model to infer the impact of whalewatching on cetacean population dynamics.
- May, Candace K. (2019a). Governing resilience through power: explaining community adaptations to extreme events in coastal Louisiana. *Rural Sociology*, vol. 84, No. 3, pp. 489–515.
- _____ (2019b). Political ecology of culture clash: Amenity-led development, vulnerability, and risk in coastal North Carolina. *Journal of Rural and Community Development*, vol. 14, No. 3, pp. 24–48.

- _____ (2019c). Resilience, vulnerability, & transformation: Exploring community adaptability in coastal North Carolina. *Ocean & Coastal Management*, vol. 169, pp. 86–95.
- Merkens, Jan-Ludolf, and others (2016). Gridded population projections for the coastal zone under the shared socioeconomic pathways. *Global and Planetary Change*, vol. 145, pp. 57–66.
- Metcalf, Sarah J., and others (2015). Measuring the vulnerability of marine social-ecological systems: a prerequisite for the identification of climate change adaptations. *Ecology and Society*, vol. 20, No. 2. <https://doi.org/10.5751/ES-07509-200235>.
- Mogielnicki, R. (2020). *Water Worries: The Future of Desalination in the UAE*. Washington, D.C.: Arab Gulf States Institute in Washington. https://agsiw.org/wp-content/uploads/2020/03/Mogielnicki_Desalination_ONLINE.pdf.
- National Marine Manufacturers Association (NMMA) (2018). *Recreational Boating Statistical Abstract*. Chicago: NMMA.
- Netherlands Enterprise Agency (NEA), Centre for Promoting Imports from Developing Countries (2019). *Bird-Watching Tourism from Europe*. www.cbi.eu/node/752/pdf.
- Neumann, Barbara, and others (2015). Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding – a global assessment. *PLoS One*, vol. 10, No. 3, e0118571.
- Nicholls, R.J., and others (2007). Coastal systems and low-lying areas. In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, M.L. Parry and others, eds., pp. 315–356. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nicholls, R.J., and R.J.T. Klein (2005). Climate change and coastal management on Europe's coast. In *Managing European Coasts: Past, Present and Future*, J.E. Vermaat and others, eds., pp. 199–226. Environmental Science Monograph Series. Heidelberg, Germany: Springer.
- Oppenheimer, M., and others (2019). Sea level rise and implications for low-lying islands, coasts and communities. In *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, H-O. Pörtner and others, eds., in press.
- Pacific Community (2020). The economic and social impact of the COVID-19 pandemic on the Pacific Island economies. <https://sdd.spc.int/news/2020/04/29/economic-and-social-impact-covid-19-pandemic-pacific-island-economies>.
- Petursdottir, Gudrun, and others (2001). *Safety at Sea as an Integral Part of Fisheries Management*. Rome.
- Professional Association of Diving Instructors (PADI) (2019). *Worldwide Corporate Statistics*. www.padi.com/sites/default/files/documents/2019-02/2019%20PADI%20Worldwide%20Statistics.pdf.
- Reyes-Martínez, Ma. José, and others (2015). Human pressure on sandy beaches: implications for trophic functioning. *Estuaries and Coasts*, vol. 38, No. 5, pp. 1782–1796.
- Rigaud, Kanta Kumari, and others (2018). *Groundswell: Preparing for Internal Climate Migration*. World Bank.
- Rogerson, Christian M., and Jayne M. Rogerson (2019). Emergent planning for South Africa's blue economy: evidence from coastal and marine tourism. *Urban Izziv*, vol. 30, pp. 24–36.
- _____ (2018). Africa's tourism economy: uneven progress and challenges. In *The Routledge Handbook of African Development*, T. Binns, and others, eds., pp. 545–560. Abingdon, United Kingdom: Routledge.
- Runge, C.A., and others (2020). Quantifying tourism booms and the increasing footprint in the Arctic with social media data. *PLoS ONE* 15(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227189>.
- Shi, Hua, and Ashbindu Singh (2003). Status and interconnections of selected environmental issues in the global coastal zones. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 32, No. 2, pp. 145–152.
- Small, C., and Cohen, J.E. (2004). Continental physiography, climate, and the global distribution of human population. *Current Anthropology*, vol. 45, No. 2.
- Small, C., and Nicholls, R.J. (2003). A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research*, vol. 19, No. 3, pp. 584–599.

- United Nations (2017a). Chapter 1: Introduction – planet, oceans and life. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017b). Chapter 18: Ports. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017c). Chapter 21: Offshore hydrocarbon industries. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017d). Chapter 27: Tourism and recreation. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017e). Chapter 28: Desalinization. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017f). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2019). *Review of Maritime Transport 2019*. New York: United Nations.
- United Nations Coordinating Committee on Statistical Activities (UNCCSA) (2020) = Комитет Организации Объединенных Наций по координации статистической деятельности (ККСД ООН) (2020). Как COVID-19 меняет мир: статистическая перспектива, т. II (неофициальный перевод – Статкомитет СНГ). <https://unstats.un.org/unsd/ccsa/pubs/documents/CCSA%20covid-19%20vol%20%20RUS.pdf>.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (UNDESA) (2018). *The World's Cities in 2018—Data Booklet*. New York: United Nations.
- United States National Survey of Fishing, Hunting and Wildlife-Associated Recreation (USNSFHWR) (2016). Washington, D.C.: United States Department of the Interior, United States Department of Commerce, United States Census Bureau.
- Van Elden, Sean, and others (2019). Offshore oil and gas platforms as novel ecosystems: a global perspective. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 548. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00548>.
- Wearing, Stephen Leslie, and others (2014). Whale watching as ecotourism: how sustainable is it? *Cosmopolitan Civil Societies: An Interdisciplinary Journal*, vol. 6, No. 1, pp. 38–55.
- West Australian (2019). *Artificial Surfing Reef for Bunbury*. <https://thewest.com.au/news/south-western-times/artificial-surfing-reef-for-bunbury-ng-b881227223z>.
- Wilkinson, Kenneth P. (1991). *The Community in Rural America*. Westport, Connecticut, United States of America: Greenwood Publishing Group.
- Williams, Rob, and others (2006). Estimating relative energetic costs of human disturbance to killer whales (*Orcinus orca*). *Biological Conservation*, vol. 133, No. 3, pp. 301–11. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.06.010>.
- World Bank (2019). *World Bank World Development Indicators*. Table 6.14. <http://wdi.worldbank.org/table/6.14>.
- World Bank, and others (2012). *Hidden Harvest: The Global Contribution of Capture Fisheries*. Worldbank; WorldFish.
- World Tourism and Travel Council (W TTC) (2018). *Domestic Tourism Importance and Economic Impact*. London: World Tourism and Travel Council.

Глава 8В

Влияние океана на человеческое здоровье

Участники: Майкл Мур (координатор), Дик Ветхак, Белла С. Галиль, Алан Симкок (ведущий участник, ответственный за главу) и Мартин Эдвардс.

Ключевые тезисы

- Приморской жизни сопутствуют как польза, так и риск для здоровья. К преимуществам можно отнести: более качественный воздух; возможности для физических упражнений; оригинальные фармацевтические средства морского происхождения; легкодоступность морепродуктов, которые, будучи источником белка и важнейших микронутриентов, сами по себе полезны для здоровья (впрочем, морепродуктами торгуют не только у моря); источники возобновляемой энергии.
- Океан создает опасности для здоровья людей, обрушивая на них цунами, штормы и тропические циклоны. Люди также подвергаются повышенному риску, сталкиваясь с зараженностью морепродуктов, подъемом уровня моря и интенсивностью штормов и циклонов из-за изменения климата.
- Опасность для здоровья – особенно в эстуарных и прибрежных водах, если прилегающая территория урбанизирована и/или используется в рекреационных целях, – создают также химические загрязнители (в том числе в аэрозольной форме), вредные или токсичные цветения водорослей и патогены.
- Вызывает озабоченность появление таких новых загрязнителей, как антибиотики, гормоны, наноматериалы (например, фуллерены, углеродные нанотрубки и наночастицы металла и пластика) и пластиковые микро-частицы. Крупным компонентом загрязнения воздуха являются нанопродукты сгорания (например, твердые частицы диаметром менее 2,5 мкм), причастность которых к сердечно-сосудистым заболеваниям и раку легких вполне установлена.

1. Введение

В первой «Оценке состояния Мирового океана» (United Nations, 2017) были отмечены различные неблагоприятные воздействия, оказываемые на здоровье людей сточными водами, переносчиками заболеваний, присутствующими в морской воде (в особенности попадающими туда при сбросе сточных вод), наноматериалами и пластиковыми микрочастицами (особенно из пластиковых отходов). К наноматериалам относятся как специально изготовленные материалы, например для использования в косметике, так и материалы, образовавшиеся при разложении

пластиковых отходов. В первой «Оценке» были также отмечены некоторые благотворные воздействия на здоровье человека, прежде всего такие, как потребление рыбы и морских водорослей в пищу, пользование морскими фармацевтическими и нутрицевтическими средствами, а также рекреационный эффект от проведения времени у моря. Вопрос о зависимости здоровья людей от океана комплексно не обсуждался. Поэтому настоящая глава призвана дать обзор этого вопроса во всех его аспектах.

2. Общие аспекты зависимости здоровья людей от океана

Морская среда оборачивается для человеческого здоровья как пользой, так и риском, и особенно это отражается на людях, живущих рядом с нею (рисунок ниже; Depledge and others, 2013; Moore and others, 2013, 2014). Здоровье определено как состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только как отсутствие болезней или физических дефектов (World Health Organization-Regional Of-

fice for Europe (WHO-Europe), 1984). Между тем люди живут в условиях взаимозависимого существования со всей совокупностью живого мира. Поэтому человеческое здоровье неотделимо от здоровья всего нашего планетарного биоразнообразия, и теперь оно переосмысливается как способность организма адаптироваться к новым угрозам и недугам (Lancet-Editorial, 2009). Сложные взаимодействия между моря-

ми и океанами, с одной стороны, и здоровьем и благополучием людей, с другой, рассматривались преимущественно в ракурсе встречаемых рисков, например негативного воздействия экстремальных погодных явлений, химического загрязнения (бытовые и промышленные отходы, аквакультурное хозяйство, шельфовые производства, загрязнители воздуха, смытая дорожная пыль, черный углерод в Арктике) и всё более заметного изменения климата (Borja and others, 2020; Depledge and others, 2017, 2019; Fleming and others, 2019; Pleijel and others, 2013; Tornero and Hanke, 2016; Valotto and others, 2015; Walker and others, 2019; Winiger and others, 2019). Однако новые исследования расширяют наше представление о «здоровье» Мирового океана, полнее учитывая его существенный и полезный вклад в нынешнее и будущее здоровье и благополучие человечества (Borja and others, 2020; Depledge and others, 2019; Ercolano and others, 2019; Lindequist, 2016; см. таблицу ниже).

Морская среда значительно способствует здоровью людей, снабжая их воздухом для дыхания, пищей для еды и водой для питья, обеспечивая качество этого воздуха, еды и воды, раскрывая фармацевтические средства морского происхождения, а также предоставляя экономические и рекреационные возможности, благотворно сказывающиеся на здоровье (см. гл. 5 и 8А; Ercolano and others, 2019; Lindequist, 2016). Прибрежная среда может также производить успокаивающий эффект (White and others, 2013) и быть источником важных культурных благ (см. гл. 28, разд. 1.4). Однако в то же время морская среда испытывает нагрузки, обусловливаемые человеческой деятельностью (транспортные перевозки, промышленные производства, рыболовство, сельское хозяйство, удаление отходов и др.), изменением климата (подъем уровня моря, береговая абразия) и биологическими инвазиями. На рисунке ниже схематически изображены связи между деградацией морской среды и здоровьем человека.

Как оценка, так и регулирование воздействий на морские экосистемы и на здоровье людей в результате нагрузок на эти экосистемы осуществлялись в основном разрозненно, под эгидой разных дисциплин, и зачастую при минимальных или нулевых признаках коллаборативно-

го взаимодействия (Depledge and others, 2013; Moore and others, 2013, 2014). По этой причине многие из наших представлений о взаимодействиях между морской средой и человеческим здоровьем носят ограниченный характер и остаются относительно не затронутыми критической переоценкой, что дает повод устранить серьезные пробелы в знаниях, пополнив научно-информационную базу для выстраивания политики, которая позволяет рачительно использовать морские ресурсы и защищать окружающую среду и человеческое здоровье (см. рисунок ниже и Moore and others, 2014).

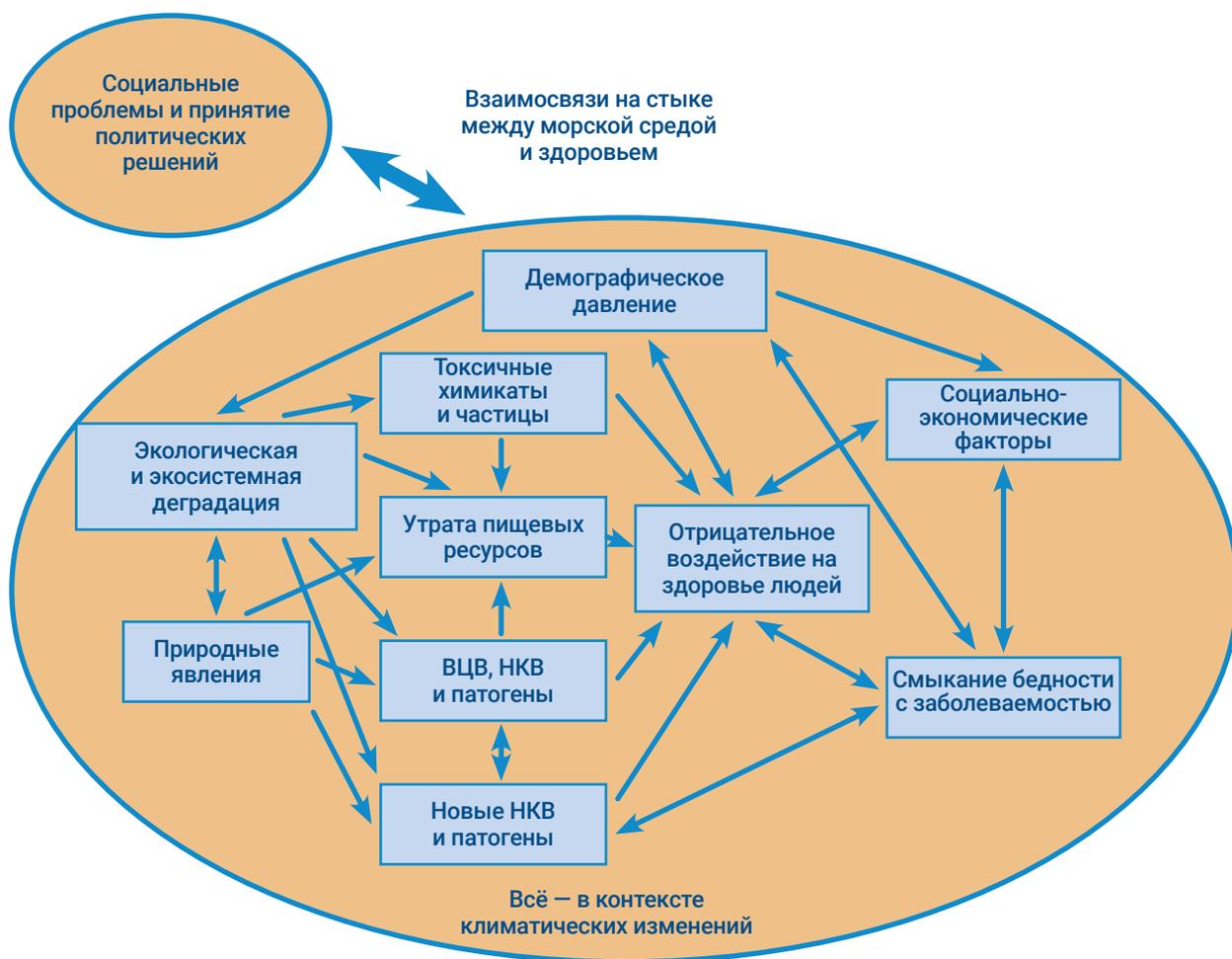
Сложный характер взаимодействий между морской средой и человеческим здоровьем был предметом обзоров, выполнявшихся Европейским морским советом (Moore and others, 2013, 2014) и другими исследователями (Borja and others, 2020; Depledge and others, 2013, 2017, 2019; Fleming and others, 2014, 2019). В этих обзорах подчеркнута необходимость междисциплинарного подхода к рассмотрению всех уровней организации — от генов до экосистем.

Насчитано пять ключевых научных задач, стоящих перед нами в деле более полного выяснения связей между морской средой и человеческим здоровьем (Galloway and others, 2017; Moore and others, 2014):

- a) усовершенствовать измерение и мониторинг (в требуемых временных и пространственных масштабах) распространения морских загрязнителей, включая водорослевые токсины, наночастицы как факторы, способствующие сердечно-сосудистым заболеваниям и раку легких (Chang and others, 2020; Liu and others, 2016; Moore, 2020; Mossman and others, 2007; Numan and others, 2015; Stapleton, 2019), микрочастицы и морской пластиковый мусор как переносчик болезней, а также патогены и некоренные виды как потенциально опасные для здоровья факторы (Galil, 2018; Vezzulli and others, 2016);
- b) расширить знания о процессах и моделях, определяющих динамику переноса и трансформации в окружающей среде морских загрязнителей, патогенов и некоренных видов, представляющих опасность для здоровья;

- с) улучшить оценку риска, создаваемого для здоровья людей морскими загрязнителями, патогенами и некоренными видами, и оценку воздействия, оказываемого ими на здоровье людей (Galil, 2018; Moore and others, 2013, 2014; Vezzulli and others, 2016);
- d) разобраться в том, как деятельность по удалению отходов сказывается на морской среде и человеческом здоровье;
- e) найти объяснение так называемому «эффекту морского спортзала», т. е. наблюдаемой пользе для здоровья человека от близости к морской среде (Depledge and Bird, 2009; Robinson and others, 2020; White and others, 2013; Wyles and others, 2019), и в том числе выявить социально-экономические проявления этого эффекта (Li and Zhu, 2006; Sachs and others, 2001).

Схема взаимосвязанности ключевых неблагоприятных процессов на стыке между морской средой и человеческим здоровьем



Источник: оригинальная диаграмма, частично заимствованная из работы Мура и др. (Moore and others, 2014).

Примечание. «Токсичные химикаты и частицы» включают аэрозоли, наночастицы и пластиковые микрочастицы.

Сокращения: ВЦВ — [токсичные или] вредоносные цветения водорослей; НКВ — [ядовитые и отравляющие] некоренные виды.

В прошлом часто упускались из виду такие потенциальные преимущества для здоровья человека от проживания вблизи моря (см. приводимую ниже таблицу), как пользование оригинальными фармацевтическими (противомикробными, противоопухолевыми, противодиабетическими, противокоагулирующими, антиоксидантными, противовоспалительными, противовирусными, противомаларийными, противотуберкулезными, антивозрастными и антипротозойными) средствами, извлекаемыми из морских организмов, и усвоение важнейших микронутриентов с морепродуктами (Borja and others, 2020; Depledge and others, 2019; Ercolano and others, 2019; Fleming and others, 2019; Gascon and others, 2017; Hosomi and others, 2012; Lindequist, 2016; Wheeler and others, 2012; White and others, 2014; Wyles and others, 2019). Между тем всё больше укрепляется убежденность в том, что польза приморской жизни для здоровья носит многогранный характер (Giles, 2013). Причина этой полезности менее понятна и не нашла пока общего научного объяснения, однако выдвинуто несколько гипотез: снижение психологического стресса благодаря приятному окружению (Gascon and others, 2017; White and others, 2014); улучшение иммунорегуляции благодаря контакту с бактериями и паразитами, с которыми человечество вместе эволюционировало (Rook, 2013); контакт с природными биоактивными продуктами (биогениками), например при токсичных или вредоносных цветениях водорослей (Berdalet and others, 2016, 2017). Согласно третьей (биогенной) гипотезе, вдыхание и проглатывание (со слизью верхних дыхательных путей) определенных натуральных продуктов, таких как распыленные водорослевые токсины в низкой концентрации, оказывают прямое воздействие на молекулярные регуляторные системы организма, оборачиваясь пользой для здоровья, в том числе вызывая противовоспалительные, противораковые и антивозрастные эффекты (Asselman and others, 2019; Moore, 2015; Van Acker and others, 2020; см. таблицу ниже). В прибрежных районах выше уровень ультрафиолета, так что их жители могут получать больше витамина D (Cherrie and others, 2015; см. таблицу ниже).

Что касается потенциальных опасностей и рисков для здоровья человека (см. таблицу ниже), которые более объемлюще документированы,

чем преимущества (Borja and others, 2020; Depledge and others, 2013, 2017, 2019; Fleming and others, 2014, 2019; Moore and others, 2013, 2014), то Европейский процесс «Окружающая среда и здоровье», координируемый Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), определил общие «ключевые проблемы нашего времени в области окружающей среды и здоровья». Непосредственное отношение к морской среде имеют пять из них:

- a) воздействия климатических изменений на здоровье и окружающую среду (например, тропические циклоны);
- b) риски для здоровья детей и других уязвимых групп, обусловленные неблагоприятными условиями окружающей среды, труда и жизни, особенно проблемы в области водоснабжения и санитарии (например, зараженная пища из моря);
- c) проявления социально-экономического и гендерного неравенства в отношении среды обитания и здоровья человека (например, плохая ситуация с травматизмом у рыбаков и моряков и ограниченность доступа женщин к медицинскому обслуживанию в силу культурных традиций);
- d) бремя неинфекционных заболеваний — в частности, насколько это бремя может быть сокращено путем проведения рациональной политики в области городского планирования, транспорта, питания и безопасности пищевых продуктов, а также улучшения экологических условий жизни и труда людей (например, роль рыбьего белка в получении важнейших нутриентов);
- e) стойкие загрязнители, эндокринные разрушители и биоаккумулируемые вредные вещества и наночастицы, а также новые и появляющиеся проблемы (например, воздействие таких веществ на здоровье морской среды и тем самым на людей, которые от нее зависят) (WHO-Europe, 2010).

Морские аспекты этих политических приоритетов отражают до некоторой степени научные задачи, конкретно обозначенные выше применительно к человеческому здоровью и морской среде. Они фокусируются в основном на рисках и, как правило, оставляют за скобками (а зна-

Краткий перечень преимуществ и опасностей и рисков, связанных с проживанием вблизи моря

Преимущества	Опасности и риски
Повышение продолжительности и качества жизни (Gascon and others, 2017)	Химические и радионуклидные загрязнители, включая токсичные частицы, переносимые по воздуху (как из наземных источников, так и с морских судов) и прибрежный озон (Moore and others, 2014; Pleijel and others, 2013; Valotto and others, 2015; Vom Saal and others, 2007; Walker and others, 2019; Wan and others, 2016)
Улучшение физического и психического здоровья (Gascon and others, 2017; White and others, 2014; Wyles and others, 2019)	Наноматериалы и пластиковые микрочастицы (Chang and others, 2020; Galloway and others, 2017; Moore and others, 2014; Mossman and others, 2007; Numan and others, 2015)
Больше витамина D (Cherrie and others, 2015)	Патогены и иные факторы воздействия на здоровье населения из-за сточных вод, отходов сельскохозяйственного производства и затоплений (Leonard and others, 2018a; Moore and others, 2013, 2014; Vezzulli and others, 2016)
Уменьшение поведенческих проблем у детей (Gascon and others, 2017)	Экологические воздействия, отражающиеся на продовольственной безопасности и на безвредности пищевых продуктов, например упадок промыслов и заражение пищевых ресурсов (Moore and others, 2014)
Распыленные в воздухе водорослевые токсины, которые в малых концентрациях могут оказывать благотворное гормональное действие на здоровье, вызывая противовоспалительные и противораковые эффекты (Asselman and others, 2019; Moore, 2015; Van Acker and others, 2020)	Вредоносные или токсичные цветения водорослей и водорослевые токсины (Berdalet and others, 2016)
Потребление морепродуктов, богатых белками и важнейшими микронутриентами (Hosomi and others, 2012)	Ядовитые или отравляющие коренные и некоренные виды, например серебристый иглобрюх (вырабатывает тетродотоксин), корнерот <i>Rhopilema nomadica</i> и крылатки (Galil, 2018)
Фармацевтические средства морского происхождения (Ercolano and others, 2019; Lindequist, 2016)	Неблагоприятные природные явления (вулканические извержения, землетрясения, цунами, тропические циклоны и наводнения) (Moore and others, 2014; Powell and others, 2019; Ruskin and others, 2018)
	Передача антимикробной резистентности и патогенов через природные бактериальные экосистемы (Leonard and others, 2018b; Imran and others, 2019)
	Морской пластиковый мусор как новый потенциальный переносчик патогенов и возможное средство их глобальной транспортировки (Vethaak and Leslie, 2016; Keswani and others, 2016), а также возможные столкновения с крупным пластиковым мусором в море
	Повышенные риски из-за перенаселенности по мере увеличения числа жителей прибрежных районов (Moore and others, 2014)

чит, не учитывают) те блага, которые дает морская среда. Кроме того, гендерные различия и проявления гендерного неравенства могут приводить к несправедливо дифференцированному положению мужчин и женщин с точки зрения поддержания здоровья и доступа к медицинскому обслуживанию. Впрочем, гендерные нормы и ценности не являются фиксированными и могут со временем эволюционировать; они также могут быть существенно разными в разных местах и могут подвергаться изменениям (WHO, 2014).

Что же касается угроз человеческому здоровью, исходящих от морской среды, то здесь можно в настоящее время выделить следующее:

- a) по причине потепления климата усиливается распространение патогенов, например *Vibrio*. Кроме того, в некоторых регионах есть определенные признаки того, что по той же причине возрастает количество некоторых водорослевых видов, известных вредоносным цветением (Hinder and others, 2012; Vezzulli and others, 2016);
- b) в последнее время некоренные виды, именуемые иногда инвазивными чужеродными видами, стали считаться одной из главных угроз глобальным морским экосистемам в силу своего воздействия на их структуру, функцию и услуги (Galil, 2018). Существует несколько ядовитых или отравляющих некоренных морских видов, которые представляют потенциальную угрозу для здоровья людей. Интенсификация человеческой деятельности, сочетающаяся со стремительным усилением прибрежной урбанизации, вызывает в прибрежных водах комплексные и фундаментальные изменения, включая умножение чужеродных видов. Из-за заметности их воздействия на здоровье человека некоторые из ядовитых и отравляющих чужеродных видов обратили на себя внимание ученых, управленцев, средств массовой информации и общественности. В одном только Средиземноморье 10 некоренных видов считаются создающими для здоровья людей опасность, степень которой варьируется от причинения неудобств до летального исхода (Galil, 2018). Ожидается, что в результате изменения климата опасности, которым некоренные виды подвергают человеческое

здоровье, будут усиливаться. Экспансия тепловодной биоты к полюсам позволяет им распространяться на районы, которые до этого ими не осваивались;

- c) не так давно была выявлена еще и такая угроза здоровью, как замусоривание моря пластиком, который может потенциально выступать в качестве переносчика оппортунистических человеческих патогенов и устойчивых к антибиотикам микроорганизмов (Barboza and others, 2018; Harrison and others, 2018; Imran and others, 2019). Некоторые патогенные бактерии, например *Vibrio cholerae* и определенные штаммы *Escherichia coli*, особенно хорошо закрепляются на пластиковом мусоре. Такие человеческие патогены могут колонизировать пластиковые поверхности, образуя стабильные биопленки. Эта угроза, создаваемая для здоровья пластиковым загрязнением, недостаточно изучена с научной и медицинской точек зрения. В главе 12 она затрагивается как один из аспектов обсуждаемой там проблемы морского мусора. Данная угроза может превращаться в серьезную проблему в районах, которые сильно загрязнены в результате стихийных бедствий, климатических кризисов или происходящих эпидемий, либо в зонах конфликтов (Vethaak and Leslie, 2016; Keswani and others, 2016; Galloway and others, 2017; Leonard and others, 2018a, 2018b; Moore and others, 2014).

К настоящему времени появилось несколько новых многонациональных междисциплинарных проектов, которые охватывают в целом противодействие некоторым из перечисленных выше угроз. Среди них можно назвать следующие:

- a) проект «Моря, океаны и здоровье населения в Европе», финансируемый Европейским союзом (European Union, 2020). В его рамках разработана исследовательская «дорожная карта», которая помогает ученым собрать фактический материал для выработки продуманной политики, призванной улучшать и защищать как человеческое здоровье, так и здоровье морской среды;
- b) программа «Голубые сообщества», рассчитанная на формирование исследователь-

ского потенциала для морского планирования в Восточной и Юго-Восточной Азии. Она включает проект по оценке преимуществ и

рисков прибрежной жизни, связанных с экологическими, демографическими и климатическими изменениями¹.

3. Здоровье прибрежных сообществ по сравнению с сообществами, расположенными в глубине суши

Исследования, сравнивающие здоровье прибрежных сообществ со здоровьем сообществ, расположенных в глубине суши, до сих пор ограничивались в основном развитыми странами. Полученные сведения разнятся в зависимости от того, о каком здоровье идет речь: физическом или психическом. Что касается физического здоровья, то сведения по Австралии (Ball and others, 2007), Новой Зеландии (Witten and others, 2008), Соединенным Штатам (Gilmer and others, 2003) и Соединенному Королевству (White and others, 2013) говорят о том, что жизнь в прибрежных условиях побуждает людей к большей рекреационной физической активности. Есть некоторые признаки того, что такая дополнительная активность может приводить к более здоровому весу, однако даже среди детского населения побережий (Wood and others, 2016) однозначных доказательств этому не обнаружено (Bell and others, 2019). Повторное изучение ответов на один из вопросов, задававшихся в 2001 году при переписи населения Англии и Уэльса, выявило значительно большую долю приморских жителей, сообщивших тогда о своем хорошем здоровье. Данный эффект может сильнее проявляться у менее благополучных в социально-экономическом отношении групп (Wheeler and others, 2012). Недавно в Бельгии было проведено исследование, которое показало, что люди, живущие менее чем в 5 км от побережья, оценивают общее состояние своего здоровья выше, чем люди, живущие в 50–100 км от побережья (Hooyberg and others, 2020).

Что касается психического здоровья, то растет объем доказательств, указывающих на связь проживания в прибрежных районах, частого их посещения или просто вида на побережье из дома с повышенным удовлетворением жизнью (Brereton and others, 2008) и пониженным риском

беспокойства и депрессии (Nutsford and others, 2016; White and others, 2013; Wyles and others, 2019).

Различия в состоянии здоровья между жителями прибрежных районов и жителями районов, расположенных в глубине суши, могут объясняться не только близостью моря, но и другими причинами. Большое влияние на здоровье оказывает обычно социально-экономическое положение (Marmot and Wilkinson, 2005), так что если прибрежные районы и районы в глубине суши разнятся между собой по степени экономического преуспевания, то различия в состоянии здоровья их населения могут быть отчасти связаны с этой экономической разницей, а не непосредственно с пользой близости к океану (Li and Zhu, 2006). Однако выяснение столь сложного вопроса, как зависимость здоровья от экономического преуспевания, нередко затрудняется из-за множественности потенциально взаимодействующих факторов (Sachs and others, 2001).

Немаловажной задачей является определение того, как каждое прибрежное сообщество может повысить свою выносливость перед лицом социально-демографических изменений и возрастающего количества экстремальных погодных явлений и экологических угроз. Собранные данные указывают на преимущества такой политики, которая настроена на разнообразную поддержку как окружающей среды, так и здоровья населения. Однако формирование этой политики осложняется неоднородностью прибрежных сообществ, делающей маловероятным наличие какого-то универсального решения (Depledge and others, 2017; Li and Zhu, 2006; Sachs and others, 2001).

¹ См. www.blue-communities.org/About_the_programme.

4. Последствия контакта с зараженной морской водой

Многие из основных видов деятельности, связанных с прибрежным туризмом и отдыхом, предполагают контакт с морской водой. Среди наиболее распространенных можно назвать греблю, плавание, катание на лодках, серфинг, любительское рыболовство и дайвинг. По роду своей деятельности с морской водой контактируют также рыбаки и моряки. Такой контакт сопряжен с риском подвергнуться воздействию патогенов (включая водорослевые токсины), присутствующих в воде или в морских аэрозолях. На протяжении долгого времени после того, как сброс городских сточных вод в море стал обычным явлением, мало кто беспокоился о влиянии патогенов в сточных водах на здоровье человека — считалось, что попадание сточных вод в гораздо большие объемы морской воды минимизирует риск благодаря эффекту разбавления (Sullivan, 1971). Однако со временем эта проблема стала вызывать растущую озабоченность, которая привела к принятию определенных мер, примером которых в Европе является Директива в отношении вод для купания (European Economic Community, 1975).

Проводившиеся во многих местах исследования позволили количественно определить степень риска, вызываемого для здоровья человека контактом с морской водой, где содержатся патогены, например некоторые штаммы *Escherichia coli* — бактерии, обыкновенно встречающейся в кишечнике теплокровных животных (Zmirou and others, 2003; Wade and others, 2006). Например, в Гонконге (Китай) было в 1992 году проведено крупное эпидемиологическое исследование, в рамках которого было опрошено 25 000 пляжников с целью установить, как отражается на здоровье контакт с пляжной водой. Результаты показали, что суммарная встречаемость симптомов заболеваний, связанных с пребыванием в воде, составила 41 на 1000 опрошенных, что превысило показатели, выясненные в 1987 году (30 на 1000). У пловцов в 2–20 раз чаще, чем у не пловцов, встречались симптомы глазных, кожных и респираторных недугов (Kueh, 1995).

В свою очередь, в Сантандере (Испания) было в 1998 году проведено (в разгар отпускного сезона) исследование, которое показало, что у

7,5 процента из 1858 опрошенных купальщиков появились в семидневный срок жалобы на лихорадку или на респираторные, желудочно-кишечные, глазные или ушные недомогания, — причем речь шла об акватории, соответствующей действующим нормативным требованиям (Prieto, 2001). Сходное исследование, охватившее 654 серфингистов, было проведено в зимние сезоны 2013–2015 годов в Сан-Диего (Калифорния, Соединенные Штаты), где качество прибрежных вод ухудшилось после сильных дождей, которые обычно приводят к увеличению стока или сброса загрязняющих веществ. В ходе этого исследования, построенного на опросах после более чем 10 000 серфинг-сессий, выяснялась частота возникновения (в трехдневный срок) желудочно-кишечных заболеваний, инфекций носовых пазух, ушных инфекций и воспалившихся ран. Было обнаружено, что по сравнению с периодами, когда обследуемые не занимались серфингом, появление таких недомоганий вслед за серфинг-сессиями увеличивалось при сухой погоде на 26–105 процентов (в зависимости от типа жалоб), а после сильных дождей, сопровождавшихся усилением стоков с суши, — еще на 26–102 процентных пункта (Arnold and others, 2017). Морская вода, загрязненная сточными водами, содержит целый ряд микробных патогенов, и у контактирующих с ней людей могут появляться такие симптомы или заболевания, как кожные высыпания, конъюнктивит, инфекции носовых пазух и даже гастроэнтерит (Harder-Lauridsen and others, 2013). Поскольку в связи с изменением климата в некоторых регионах прогнозируется учащение сильных осадков, будущие последствия для человеческого здоровья во всем мире могут оказаться значительными, особенно в тех местностях, где нет хорошо функционирующих канализационных систем или где существующие канализационные системы не справляются с избыточным стоком и пропускают сточные воды неочищенными (Harder-Lauridsen and others, 2013). Вызываемые изменением климата учащение и усиление речных и прибрежных наводнений, приводящих к попаданию неочищенных сточных вод и фекалий животных, являющихся переносчиками болезней, в акваторию, тоже могут оборачиваться

проблемой для здоровья людей, так как облегчают передачу новых инфекционных микробных агентов (Seneviratne and others, 2012), способных вызвать, например, пандемию COVID-19.

Вопрос о глобальном воздействии плохого качества воды был разобран в исследовании Объединенной группы экспертов по научным аспектам защиты морской среды (ГЕСАМП) и ВОЗ. На основе глобальных подсчетов числа туристов, которые решают поплавать, и выполненного ВОЗ расчета относительных рисков, которые возникают при различных степенях зараженности воды, исследователи выяснили, что купание в загрязненных морских акваториях вызывает ежегодно около 250 млн случаев гастроэнтерита и заболеваний верхних дыхательных путей и что у некоторых из пострадавших сформируется в более долгосрочной перспективе инвалидность. Если сложить общее количество лет здоровой жизни, потерянных из-за болезни, инвалидности и смерти, то всемирное бремя недугов, вызываемых купанием в зараженной морской воде, составит около 400 000 лет жизни с поправкой на инвалидность (стандартная единица измерения времени, потерянного из-за рано наступившей смерти и неполноценно проведенного из-за болезни), что сопоставимо с глобальными последствиями дифтерии и лепры. ГЕСАМП и ВОЗ подсчитали, что ущерб для общества составляет во всем мире около 1,6 млрд долл. США в год (GESAMP, 2001). Кроме того, вредоносные или токсичные цветения водорослей могут вызывать серьезные неврологические заболевания, равно как и приводить к серьезным финансовым последствиям (Bechard, 2020; Diaz and others, 2019).

Двумя главными источниками самых обычных загрязнителей являются, как правило, люди и животные. Наибольшую угрозу для здоровья населения представляют человеческие фекалии в водоемах, поскольку в организме человека присутствует множество бактерий, паразитов и вирусов, которые опасны для других людей и могут приводить к различным заболеваниям. Во многих случаях первопричиной проблемы может становиться переполнение канализационной сети или протечка в септических системах. Сток с сельскохозяйственных площадей тоже может представлять серьезную

проблему для здоровья, поскольку фекальные массы, создаваемые сельскохозяйственными животными, могут содержать патогены, включая различные вирусы, криптоспоридии, *Escherichia coli* и сальмонеллу; угрозу для здоровья человека могут представлять и отходы жизнедеятельности домашних животных на пляжах (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017; Moore and others, 2014; Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI), 2020).

Таким образом, контакт с зараженной морской водой сказывается на здоровье любителей приморского досуга и отрицательно отражается на прибрежном туризме и отдыхе. Синтезировав научные наработки в этой области, ВОЗ обнародовала в 2003 году документ под названием «Руководящие принципы по обеспечению безопасности рекреационных водоемов: прибрежные и пресные воды» (WHO, 2003). Недавно ВОЗ подготовила при поддержке Европейского союза рекомендации по научным, аналитическим и эпидемиологическим разработкам, относящимся к параметрам качества воды для купания (WHO, 2018), специально рассчитанные на Европу. ВОЗ указала, что эти рекомендации послужат основой для пересмотра Руководящих принципов 2003 года (WHO, 2020). Однако внедрение таких стандартов требует адекватного планирования и инфраструктуры. Даже там, где, как в некоторых частях Индии, прилагаются напряженные усилия по сооружению исправно работающих систем для очистки сточных вод, проблемы сохраняются. Например, в таком крупном туристическом районе, как Гоа, количество фекальных колиформных бактерий превышало соответствующие стандарты на всех 10 пляжах, являющихся объектом мониторинга (Goa State Pollution Control Board, 2019).

Мониторинг воды, где купаются люди, не приводит к искомому улучшению здоровья населения, если не будет сопровождаться более качественным информированием общественности об обнаруживаемых результатах в удобопонятной форме. Действующее законодательство Европейского союза о воде для купания (European Union, 2006) предусматривает стандартизованные способы обнародования результатов требуемого мониторинга. Похожие системы имеются в различных штатах Австралии (New South Wales

Department of Planning, Industry and Environment, (NSW-DPIE) 2020; South Australia Environment Protection Agency, (SA-EPA) 2020) и в Соединенных Штатах (WHOI, 2020).

Изменение климата может влиять на встречаемость микробных инфекций (Deeb and others, 2018; Konrad and others, 2017). Например, описан связанный с изменением климата рост количества заражений *Vibrio vulnificus* и *Vibrio*

parahaemolyticus как непосредственно, так и в результате питания морепродуктами (устрицы): увеличивается и общее количество случаев заражения, и количество новых случаев в высокоширотных районах (где проблема ранее не отмечалась) из-за того, что там увеличилось количество дней, по которым температура превышает минимальный порог (Vezzulli and others, 2016).

5. Проблемы для человеческого здоровья, которые вызывает питание морепродуктами

Многие аспекты питания морепродуктами могут отражаться на здоровье человека. Одни проблемы возникают из-за загрязнителей (ртуть и др.) или патогенов (они нередко присутствуют в сточных и балластных водах), которые сбрасываются в море и поглощаются растениями, рыбами, моллюсками и ракообразными, добываемыми для потребления человеком (Takahashi and others, 2008). Другие возникают из-за токсинов, которые вырабатываются различными морскими бионтами или встречающимися в их организме вирусами и поглощаются некоторыми рыбами, моллюсками и ракообразными (см. гл. 10 и 11).

По данным ВОЗ, в десятку самых ядовитых для человека веществ входит ртуть (WHO, 2013). Форма ртути, воздействию которой в основном подвергаются люди, — это органическая метилртуть (MeHg). В море ртуть попадает главным образом в неорганической форме как результат сгорания ископаемого топлива (см. гл. 11). В водной среде микробы превращают эту ртуть в MeHg, которая биоаккумулируется там в пищевых сетях. Воздействие MeHg на людей происходит преимущественно в результате питания морепродуктами. MeHg является нейротоксином и особенно вредна для пренатального развития мозга. Существует много исследований, в которых показана связь между внутриутробным воздействием MeHg на плод и признаками нейротоксичности при развитии (например, нарушениями тонкой моторики, речи и памяти) в человеческих популяциях, регулярно потребляющих морепродук-

ты. Обзор исследований, проведенных в 43 странах, позволил выявить совокупные усредненные биомаркеры, указывающие на попадание в организм MeHg в количествах, которые:

- a) в несколько раз превышают референтный уровень, установленный Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) и ВОЗ для питающихся рыбой жителей приморских и приречных районов, расположенных вблизи небольших золотодобывающих объектов²;
- b) значительно превышают референтный уровень у потребителей морских млекопитающих в арктических областях;
- c) приближаются к референтному уровню в прибрежных районах Юго-Восточной Азии, западной части Тихого океана и Средиземноморья.

Риск нейротоксичности более высок для двух первых групп, чем для третьей, однако прибрежные районы Юго-Восточной Азии очень плотно заселены. По всем трем группам многие собранные образцы показали такие количества попадания MeHg в организм, которые превышают референтное значение (Sheehan and others, 2014). Другие эксперты, признавая угрозу MeHg, указывают при этом, что, рассматривая рыбу как часть рациона матери и ребенка, важно соизмерять возможные риски с преимуществами получения рыбных липидов (Myers and others, 2015). Было выяснено, что определенные виды рыб больше

² Референтный уровень ФАО/ВОЗ составляет 2,0 мкг на 1 г; считается, что при таком уровне ощутимого риска не возникает (WHO, 2008).

других подвержены риску воздействия MeHg (в водной пищевой цепи происходит биомагнификация MeHg, в результате чего у крупных хищных рыб, таких как акулы, меч-рыбы, королевская макрель и некоторые виды тунца, ее концентрация выше) и что правильный выбор при потреблении рыбы поможет усилить пользу от питания морепродуктами, снижая при этом потенциальный риск (Silbernagel and others, 2011).

Сохраняющаяся опасность для здоровья людей представляет зараженность морепродуктов гормонами, антибиотиками и такими стойкими органическими загрязнителями, как полициклические ароматические углеводороды и полихлорированные дифенилы (Binelli and Provini, 2003; Chen and others, 2015; Lu and others, 2018; European Commission, 2000). Не так давно было констатировано загрязнение океана наноматериалами и пластиковыми микрочастицами, которое вызывает растущую озабоченность не только из-за своих потенциальных экологических последствий, но и из-за того, что оно может поставить под угрозу продовольственную безопасность, безвредность пищевых продуктов, а в конечном итоге — и человеческое здоровье. Присутствие наноматериалов и пластиковых микрочастиц в организме морских животных, потребляемых в пищу людьми, вырисовывается сейчас как глобальное явление, требующее дальнейших исследований с целью выяснить, существует ли риск для человеческого здоровья (Chang and others, 2020; Galloway and others, 2017; Mossman and others, 2007; Numan and others, 2015; Sforzini and others, 2020; Smith and others, 2018; Stapleton, 2019; Stern and others, 2012; Vethaak and Leslie, 2016; Von Moos and others, 2012). Нанопродукты сгорания захватываются клетками путем эндоцитоза и накапливаются в лизосомах, чья перегрузка делает мембраны проницаемыми и приводит к высвобождению внутрилизосомного железа, которое вызывает окислительное повреждение клеток, ведущее к окислительному стрессу с последующим повреждением тканей и органов (Moore, 2020; Numan and others, 2015; Stern and others, 2012; Sforzini and others, 2020; Von Moos and others, 2012). Сейчас появляются опасения, что сходным образом могут вести себя и другие наночастицы, включая нано- и микропластик (Boverhof and others, 2015; Von Moos and others, 2012).

Главным переносчиком болезней, вызываемых попадающими в море патогенами, являются моллюски и ракообразные. Концентрация таких патогенов у устриц, например, может в 99 раз превышать их концентрацию в окружающей воде (Burkhardt and Calci, 2000; Morris and Acheson, 2003; Motes and others, 1994; Vezzulli and others, 2016). Наиболее распространенными вирусными патогенами были норовирус (83,7 процента) и вирус гепатита А (12,8 процента) (Bellou and others, 2013). Глобальной базы данных о вспышках заболеваний такого рода не существует. Однако обзор эпизодов, зафиксированных с 1980 по 2012 год, дал цифру в приблизительно 368 вспышек, в которых фигурировали вирусы, переносимые моллюсками и ракообразными. Большинство из них произошло в Восточной Азии (более половины — в Японии); далее следуют Европа, Америка, Океания и Африка. Патогены попадают в море не только со сточными водами: такие токсины, как йессотоксины, бреветоксины и сигуатоксины, могут вырабатываться токсичными водорослями (например, динофлагеллятами), часто в относительно низких концентрациях (например, *Alexandrium* spp.— 200 клеток на 1 л), и при этом не обязательно в контексте водорослевых цветений (причины такого цветения см. в гл. 10; см. также базы данных Центров Соединенных Штатов по контролю и профилактике заболеваний). Водорослевые токсины могут попадать в пищевую сеть, часто присутствуют в организме моллюсков, ракообразных и рыб и, попадая в пищу людям, способны вызывать у них болезни. Водорослевые токсины сказываются на здоровье людей не только в виде заболеваемости и смертности из-за отравлений. Их влияние проявляется также в закрытии промыслов моллюсков, ракообразных и рыб с целью защитить людей от отравления, равно как и в расстройстве экосистем, вызываемом гибелью рыб и высших хищников, которые заглатывают водоросли или вырабатываемые ими токсины. Ежегодно сообщается о многочисленных эпизодах токсичного цветения водорослей повсюду в мире, и количество таких эпизодов растет. Этот рост объясняется отчасти улучшением наблюдения и фиксирования данных, но есть и достоверные признаки, свидетельствующие о реальном учащении таких проблемных цветений в результате взаимодействия многих факторов, включая повышение морских

температур, увеличение поступления нутриентов в океан, перенос некоренных видов морским транспортом и изменения в балансе питательных веществ в море (Hinder and others, 2012). В районах повышенного риска можно было бы внедрять системы, предупреждающие об опасностях для здоровья, с привлечением не только здравоохранительных ведомств, но и специалистов по зонированию, руководителей коммунальных служб и проектировщиков.

При этом в некоторых регионах риска действуют эффективные мониторинговые и хозяйственные программы, призванные не допустить содержания таких токсинов в коммерческих морепродуктах (Anderson, 2009; Anderson and others, 2001; см. гл. 10). Такие программы опираются на методики, разработанные и апробированные после тщательных исследований, а также на понимание временной и пространственной динамики токсичных водорослей и путей передачи их токсинов человеку.

Токсичные цветения водорослей — это сложные явления, и для того, чтобы отыскать способ преодоления вызываемых ими проблем, необходимо задействовать множество разных дисциплин — от молекулярной и клеточной биологии до крупномасштабных натуральных исследований, численного моделирования и дистанционного зондирования (Intergovernmental Oceanographic Commission of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2017). Проблемы для здоровья создают и другие, не связанные с цветением водорослей биогенные токсины, например цианотоксины (вырабатываются цианобактериями), тетродотоксины (вырабатываются бактериями-симбионтами в организме многоклеточных животных и используются по-

следними в качестве защитного биотоксина, отпугивающего хищников, либо в качестве яда, защищающего от хищников или поражающего жертву) и палитоксины (сильнодействующие вазоконстрикторы, риск подвергнуться которым возникает для человека главным образом при контакте с кораллами) (Bane and others, 2014; Ramos and Vasconcelos, 2010; Zanchett and Oliveira-Filho, 2013). У людей, потребляющих морепродукты, зараженные бреветоксинами, которые вырабатываются некоторыми видами планктона, высок риск появления симптомов нейротоксического отравления моллюсками. Сообщается также о кожных расстройствах из-за контакта с зараженной бреветоксинами водой и о респираторных заболеваниях (особенно у астматиков) из-за вдыхания бреветоксинов в аэрозольной форме (Hoagland and others, 2009). Метаболиты бреветоксинов у моллюсков и ракообразных могут отличаться по своей токсичности (Turner and others, 2015). Тетродотоксины, вырабатываемые некоторыми видами бактерий, и сигуатоксины, вырабатываемые некоторыми видами планктона, могут накапливаться в рыбе и других морепродуктах и вызывают отравление при потреблении в пищу. Эти типы биогенных токсинов ранее были приурочены к тропическим водам, но теперь обнаруживаются и в умеренных зонах (Rodriguez and others, 2008; Silva and others, 2015a, 2015b). Эти болезни могут оборачиваться колоссальными социальными издержками: подсчитано, что всего лишь в одном округе Флориды (Соединенные Штаты) на борьбу с болезнями, вызываемыми токсичными цветениями водорослей, ушло от 0,5 до 4,0 млн долл. США (Hoagland and others, 2009).

6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала

Пробелы в знаниях касаются в основном следующего:

a) проявления и степень пользы, которую океан может приносить для здоровья людей благодаря близости к нему, благодаря получению фармацевтических средств морского происхождения и благодаря освоению новых морепродуктов;

b) степень, в которой исходящие от океана угрозы здоровью сказываются на людях в разных частях мира (в том числе вопросы о том, как патогены попадают от их морских переносчиков в человеческий организм, каковы масштабы и места заболеваемости, вызываемой купанием в зараженной воде и потреблением морепродуктов, и какова сте-

пень зараженности рыб, моллюсков и ракообразных);

- c) факторы социально-экономического и гендерного неравенства, присутствующие в окружающей человека среде и в здравоохранении, в том числе риски для здоровья, с которыми из-за плохой экологической обстановки и плохих условий труда и жизни (особенно дефицита воды и плохой санитарии) сталкиваются дети и другие уязвимые группы населения (Moore and others, 2013, 2014; WHO, 2014);
- d) бремя неинфекционных заболеваний, в частности постольку, поскольку его можно облегчить благодаря надлежащей политике в таких областях, как градостроительство, транспорт, безвредность пищевых продуктов, питание, а также условия жизни и труда (Moore and others, 2013, 2014);
- e) механизмы, способные привести к появлению новых угроз здоровью со стороны океана, в том числе роль наноматериалов (включая продукты сгорания) и пластиковых нано- и микрочастиц и степень человеческого контакта с ними (Galloway and others, 2017; Mossman and others, 2007; Numan and others, 2015; Sforzini and others, 2020; Stapleton, 2019; Stern and others, 2012; Vethaak and Leslie, 2016; Von Moos and others, 2012; Wright and Kelly, 2017), а также условия, при которых цветения водорослей могут становиться токсичными (см. гл. 10);
- f) эмпирические оценки того, как наличие охраняемых морских районов отражается на социально-экономическом положении и состоянии здоровья людей (пока таких оценок немного). Ван и др. (Van and others, 2019) обнаружили, что большинство исследований, посвященных благотворной отдаче от охраняемых морских районов, сосредоточено на экономических и управленческих аспектах, а социальные, здравоохранительные

и культурные аспекты упоминаются в них лишь вскользь. Кроме того, наиболее крупные из охраняемых морских районов [например, морской парк «Мараэ Моана» (Острова Кука), морской заповедник в море Росса (Антарктика), национальный морской памятник «Папаханаумокуакеа» (Гавайи), национальный морской памятник «Удаленные тихоокеанские острова» (Соединенные Штаты), морской парк «Коралловое море» (Австралия)] расположены вдали от мест проживания людей, тогда как в густонаселенном Средиземноморье акватории, которые пользуются полноценным статусом охраняемых морских районов и теоретически способны приносить пользу для здоровья людей, занимают лишь 0,06 процента исключительных экономических зон стран этого бассейна (Kersting and others, 2020).

- g) воздействие климатических изменений на человеческое здоровье и окружающую среду (WHO, 2014).

Усилия по ликвидации этих пробелов должны включать междисциплинарные исследования, которые, в свою очередь, требуют формирования потенциала для их проведения и для прикладного применения их результатов. Это вызывает необходимость как в обучении и удержании квалифицированного персонала, так и в предоставлении и финансировании необходимой инфраструктуры. Усилия по устранению связанных с океаном причин плохого состояния здоровья тоже должны включать предоставление адекватной инфраструктуры и квалифицированного персонала, в частности для того, чтобы обеспечить экологически рациональное использование химических веществ и всех отходов на протяжении всего их жизненного цикла, комплексное управление водными ресурсами и тестирование добываемых продуктов питания (цель 12 в области устойчивого развития).

7. Перспективы

Расширение знаний о связанности человеческого здоровья с океаном поможет усовершенствовать меры по защите этого здоровья от угроз и

повысить благотворное воздействие, оказываемое морем на него. Повсеместное усиление имеющихся возможностей, в том числе для эф-

фективного управления охраняемыми морскими районами (Organization for Economic Cooperation and Development, 2017), позволит более

универсально преодолевать вызовы, порождаемые морем для здоровья людей.

Справочная литература

- Anderson, D.M. (2009). Approaches to monitoring, control and management of harmful algal blooms (HABs). *Ocean & Coastal Management*, vol. 52, No. 7, 342. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.04.006>.
- Anderson, D.M., and others (2001). Monitoring and management strategies for harmful algal blooms in coastal waters, APEC #201-MR-01.1, Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series No. 59, Paris.
- Arnold, Benjamin F., and others (2017). Acute illness among surfers after exposure to seawater in dry- and wet-weather conditions. *American Journal of Epidemiology*, vol. 186, No. 7, pp. 866–875.
- Asselman, Jana, and others (2019). Marine biogenics in sea spray aerosols interact with the mTOR signaling pathway. *Scientific Reports*, vol. 9, No.1, pp. 1–10.
- Ball, Kylie, and others (2007). Personal, social and environmental determinants of educational inequalities in walking: a multilevel study. *Journal of Epidemiology & Community Health*, vol. 61, No. 2, pp. 108–114.
- Ban, N., and others (2019). Well-being outcomes of marine protected areas. *Nature Sustainability*, vol. 2, No. 6, pp. 524–532.
- Bane, V., and others (2014). Tetrodotoxin: chemistry, toxicity, source, distribution and detection. *Toxins*, vol. 6, No. 2, pp. 693–755.
- Barboza, Luís Gabriel Antão, and others (2018). Marine microplastic debris: an emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 133, pp. 336–348.
- Bechard, A. (2020). Harmful Algal Blooms and Tourism: The economic impact to counties in Southwest Florida. *Review of Regional Studies*. vol. 50, No. 2:12705.
- Bell, S., and others (2019). The shadows of risk and inequality within salutogenic coastal waters. In: Foley, R., and others (ed.) *Hydrophilia Unbounded: Blue Space, Health and Place*. Routledge, Taylor & Francis, Milton Park, United Kingdom.
- Bellou, M., and others (2013). Shellfish-borne viral outbreaks: a systematic review. *Food and Environmental Virology*, vol. 5, No.1, pp. 13–23.
- Berdalet, Elisa, and others (2016). Marine harmful algal blooms, human health and wellbeing: challenges and opportunities in the 21st century. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 96, pp. 61–91.
- Berdalet, E., and others (2017). Harmful algal blooms in benthic systems: Recent progress and future research. *Oceanography*, vol. 30, No. 1, pp. 36–45.
- Binelli, A., and Provini, A. (2003). POPs in edible clams from different Italian and European markets and possible human health risk. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 46, No. 7, pp. 879–886.
- Borja, Angel, and others (2020). Moving toward an agenda on ocean health and human health in Europe. *Frontiers in Marine Science*, vol. 7, art. 37.
- Boverhof, D.R., and others (2015). Comparative assessment of nanomaterial definitions and safety evaluation considerations. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, vol. 73, pp. 137–150.
- Brereton, Finbarr, and others (2008). Happiness, geography and the environment. *Ecological Economics*, vol. 65, No. 2, pp. 386–396.

- Burkhardt, William, and Kevin R. Calci (2000). Selective accumulation may account for shellfish-associated viral illness. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 66, No. 4, pp. 1375–1378.
- Chang, X.R., and others (2020). Potential health impact of environmental micro- and nanoplastics pollution. *Journal of Applied Toxicology*, vol. 40, pp. 4–15.
- Chen, H., and others (2015). Antibiotics in typical marine aquaculture farms surrounding Hailing Island, South China: occurrence, bioaccumulation and human dietary exposure. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 90, Nos. 1–2, pp. 181–187.
- Cherrie, M., and others (2015). Coastal climate is associated with elevated solar irradiance and higher 25(OH)D level. *Environment International*, vol. 77, pp. 76–84.
- Deeb, R., and others (2018). Impact of climate change on *Vibrio vulnificus* abundance and exposure risk. *Estuaries and Coasts*, vol. 41, No. 8, pp. 2289–2303.
- Depledge, M., and others (2013). Changing views of the interconnections between the oceans and human health in Europe. *Microbial Ecology*, vol. 65, No. 4, pp. 852–859.
- Depledge, M., and others (2017). Future of the sea: health and wellbeing of coastal communities. United Kingdom Government Office for Science. 2017. <https://ore.exeter.ac.uk/repository/handle/10871/31606>.
- Depledge, M., and others (2019). Time and tide: our future health and well-being depends on the oceans.
- Depledge, M., and William J. Bird (2009). The blue gym: health and wellbeing from our coasts. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 58, No. 7, p. 947.
- Diaz, R.E., and others (2019). Neurological illnesses associated with Florida red tide (*Karenia brevis*) blooms. *Harmful Algae*, vol. 82, pp. 73–81.
- Ercolano, G., and others (2019). New drugs from the sea: pro-apoptotic activity of sponges and algae derived compounds. *Marine Drugs*, vol. 17, No. 1, 31. <https://doi.org/10.3390/md17010031>.
- European Commission (2000). Towards the establishment of a priority list of substances for further evaluation of their role in endocrine disruption. https://ec.europa.eu/environment/archives/docum/pdf/bkh_main.pdf.
- European Economic Community (1975). *Council Directive 76/160/EEC of 8 December 1975 Concerning the Quality of Bathing Water*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex:31976L0160>.
- European Union (2006). *Directive 2006/7/EC Concerning the Management of Bathing Water Quality and Repealing Directive 76/160/EEC*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=celex:32006L0007&from=GA>.
- _____ (2020). *About Seas, Oceans & Public Health in Europe*. <https://sophie2020.eu/about>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2017). *Water Pollution from Agriculture: A Global Review*. Rome. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute on behalf of the Water Land and Ecosystems research programme.
- Fleming, Lora E., and others (2014). Oceans and human health: a rising tide of challenges and opportunities for Europe. *Marine Environmental Research*, vol. 99, pp. 16–19.
- Fleming, Lora E., and others (2019). Fostering human health through ocean sustainability in the 21st century. *People and Nature*, vol. 1, No. 3, pp. 276–283.
- Gaibor, Nikita, and others (2020). Composition, abundance and sources of anthropogenic marine debris on the beaches from Ecuador – A volunteer-supported study. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 154, 111068. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111068>.
- Galil, Bella (2018). Poisonous and venomous: marine alien species in the Mediterranean Sea and human health. In *Invasive Species and Human Health*, G. Mazza and E. Tricarico, eds., pp. 1–15. Wallingford, United Kingdom: CABI.

- Galloway, Tamara S., and others (2017). Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 1, No.5, p. 0116. www.nature.com/articles/s41559-017-0116.
- Gascon, Mireia, and others (2017). Outdoor blue spaces, human health and well-being: a systematic review of quantitative studies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 220, No. 8, pp. 1207–21. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.08.004>.
- Giles, Sarah (2013). Green space is great, but blue might be better.... 2013. http://blogs.royalsociety.org/in-verba/2013/04/09/blue_space.
- Gilmer, Mary Jo, and others (2003). Youth characteristics and contextual variables influencing physical activity in young adolescents of parents with premature coronary heart disease. *Journal of Pediatric Nursing*, vol. 18, No. 3, pp. 159–168.
- Goa State Pollution Control Board (GSPCB) (2019). *Annual Report 2017/18*. http://goaspcb.gov.in/Media/Default/Annual%20Report%20uploads/GSPCB_2017-2018.pdf.
- Harder-Lauridsen, Nina Majlund, and others (2013). Gastrointestinal illness among triathletes swimming in non-polluted versus polluted seawater affected by heavy rainfall, Denmark, 2010–2011. *PLoS One*, vol. 8, No. 11.
- Harrison, Jesse P., and others (2018). Microplastic-associated biofilms: a comparison of freshwater and marine environments. In *Freshwater Microplastics*, M. Wagner and S. Lambert, eds., pp.181–201. Cham, Springer.
- Hinder, S.L., and others (2012). Changes in marine dinoflagellate and diatom abundance under climate change. *Nature Climate Change*. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE1388>.
- Hoagland, Porter, and others (2009). The costs of respiratory illnesses arising from Florida Gulf Coast *Karenia brevis* blooms. *Environmental Health Perspectives*, vol. 117, No. 8, pp. 1239–1243.
- Hooyberg, Alexander, and others (2020). General health and residential proximity to the coast in Belgium: Results from a cross-sectional health survey. *Environmental Research*, vol. 184, art. 109225.
- Hosomi, R., and others (2012). Seafood consumption and components for health. *Global Journal of Health Science*, vol. 4, No. 3, pp. 72–86.
- Imran, Md., and others (2019). Co-selection of multi-antibiotic resistance in bacterial pathogens in metal and microplastic contaminated environments: an emerging health threat. *Chemosphere*, vol. 215, pp. 846–857.
- Intergovernmental Oceanographic Commission of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO-IOC) (2017). *Global Ocean Science Report: The Current Status of Ocean Science around the World*. Luis Valdés and others, eds. Paris: UNESCO Publishing.
- Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) (2001). *Protecting the oceans from land-based activities – Land-based sources and activities affecting the quality and uses of the marine, coastal and associated freshwater environment*. Rep. Stud. GESAMP No. 71, UNEP Nairobi.
- Kersting, D., and others (2020). The efficiency of full protection in MPAs. MedPAN. Marseille, France.
- Keswani, Anisha, and others (2016). Microbial hitchhikers on marine plastic debris: human exposure risks at bathing waters and beach environments. *Marine Environmental Research*, vol. 118, pp. 10–19.
- Konrad, S., and others (2017). Remote sensing measurements of sea surface temperature as an indicator of *Vibrio parahaemolyticus* in oyster meat and human illnesses. *Environmental Health*, vol. 16, No. 92. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0301-x>.
- Kueh, C.S.W., and others (1995). Epidemiological study of swimming-associated illnesses relating to bathing-beach water quality. *Water Science and Technology*, vol. 31, Nos. 5–6, pp. 1–4.
- Lancet-Editorial (2009). What is health? The ability to adapt. *Lancet*, vol. 373 (9666): 781. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60456-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60456-6).

- Leonard, Anne F.C., and others (2018a). Exposure to and colonisation by antibiotic-resistant *E. coli* in UK coastal water users: Environmental surveillance, exposure assessment, and epidemiological study (Beach Bum Survey). *Environment International*, vol. 114, pp. 326–333.
- Leonard, Anne F.C., and others (2018b). Is it safe to go back into the water? a systematic review and meta-analysis of the risk of acquiring infections from recreational exposure to seawater. *International Journal of Epidemiology*, vol. 47, No. 2, pp. 572–586.
- Li, Hongbin, and Yi Zhu (2006). Income, income inequality and health: Evidence from China. WIDER Discussion Paper 2006/07. Helsinki: The United Nations University World Institute for Development Economics Research (UNU-WIDER). <http://hdl.handle.net/10419/84654>.
- Lindequist, U. (2016). Marine-Derived Pharmaceuticals – Challenges and Opportunities. *Biomolecules & Therapeutics*, vol. 24, No. 6, pp. 561–571.
- Liu, Huan, and others (2016). Health and climate impacts of ocean-going vessels in East Asia. *Nature Climate Change*, vol. 6, pp. 1037–1041.
- Lu, J., and others (2018). Occurrence, distribution, and ecological-health risks of selected antibiotics in coastal waters along the coastline of China. *Science of the Total Environment*, vol. 644, pp. 1469–1476.
- Marmot, Michael, and Richard Wilkinson, eds. (2005). *Social Determinants of Health*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198565895.001.0001>.
- Moore, Michael N. (2015). Do airborne biogenic chemicals interact with the PI3K/Akt/mTOR cell signalling pathway to benefit human health and wellbeing in rural and coastal environments? *Environmental Research*, vol. 140, pp. 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.03.015>.
- _____ (2020). Lysosomes, autophagy and hormesis in cell physiology, pathology and age-related disease. *Dose-Response*, vol. 18, No. 3. <https://doi.org/10.1177/1559325820934227>.
- Moore, Michael N. and others (2013). Oceans and Human Health (OHH): a European Perspective from the Marine Board of the European Science Foundation (Marine Board-ESF). *Microbial Ecology*, vol. 65, No. 4, pp. 889–900. <https://doi.org/10.1007/s00248-013-0204-5>.
- Moore, Michael N. and others (2014). *Linking Oceans and Human Health: A Strategic Research Priority for Europe*. Marine Board Position Paper 19. Ostend: European Marine Board.
- Morris, J.G., Jr., and D. Acheson, (2003). Cholera and other types of vibriosis: a story of human pandemics and oysters on the half shell. *Clinical Infectious Diseases*, vol. 37, No. 2, pp. 272–280.
- Mossman, B.T., and others (2007). Mechanisms of action of inhaled fibers, particles and nanoparticles in lung and cardiovascular diseases. *Particle and Fibre Toxicology*, vol. 4, No. 4. <https://doi.org/10.1186/1743-8977-4-4>.
- Motes, M., and others (1994). Occurrence of toxigenic *Vibrio cholerae* O1 in oysters in Mobile Bay, Alabama: an ecological investigation. *Journal of Food Protection*, vol. 57, No. 11, pp. 975–980.
- Myers, Gary J., and others (2015). Methylmercury exposure and developmental neurotoxicity. *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 93, pp. 132A–132B.
- New South Wales Department of Planning, Industry and Environment (NSW-DPIE) (2020). *Monitoring Beach Water Quality*. www.environment.nsw.gov.au/topics/water/beaches/monitoring-beach-water-quality.
- Numan, M.S., and others (2015). Impact of air pollutants on oxidative stress in common autophagy-mediated aging diseases. *International Journal of Environmental Research & Public Health*, vol. 12, pp. 2289–2305.
- Nutsford, Daniel, and others (2016). Residential exposure to visible blue space (but not green space) associated with lower psychological distress in a capital city. *Health & Place*, vol. 39, pp. 70–78.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2017). *Marine Protected Areas: Economics, Management and Effective Policy Mixes*, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264276208-en>.

- Pleijel, H., and others (2013). Surface Ozone in the Marine Environment—Horizontal Ozone Concentration Gradients in Coastal Areas. *Water Air Soil Pollution*, vol. 224, p. 1603. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-013-1603-4>.
- Powell, T.M., and others (2019). Stress and coping in social service providers after Superstorm Sandy: An examination of a postdisaster psychoeducational intervention. *Traumatology*, vol. 25, No. 2, pp. 96–103. <https://doi.org/10.1037/trm0000189>.
- Prieto, M.D., and others (2001). Recreation in coastal waters: health risks associated with bathing in sea water. *Journal of Epidemiology & Community Health*, vol. 55, No. 6, pp. 442–447.
- Ramos Vitor, and Vitor Vasconcelos (2010). Palytoxin and analogs: biological and ecological effects. *Marine Drugs*, vol. 8, No. 7, pp. 2021–37.
- Robinson, Jake M., and others (2020). Let nature be thy medicine: a socioecological exploration of green prescribing in the UK. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, No. 3460. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103460>.
- Rodriguez, Paula, and others (2008). First toxicity report of tetrodotoxin and 5, 6, 11-trideoxyTTX in the trumpet shell *Charonia lampas* in Europe. *Analytical Chemistry*, vol. 80, No. 14, pp. 5622–5629.
- Rook, Graham A. (2013). Regulation of the immune system by biodiversity from the natural environment: an ecosystem service essential to health. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, No. 46, pp. 18360–18367.
- Ruskin, J., and others (2018). Lack of access to medical care during Hurricane Sandy and mental health symptoms. *Preventive Medicine Reports*, vol. 10, pp. 363–9.
- Sachs, Jeffrey D., and others (2001). The geography of poverty and wealth. *Scientific American*, vol. 284, No. 3, pp. 70–75.
- Seneviratne, Sonia I., and others (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge, New York: Cambridge University Press, pp. 109–230.
- Sforzini, S., and others (2020). Effects of fullerene C₆₀ in blue mussels: role of mTOR in autophagy related cellular/tissue alterations. *Chemosphere*, vol. 246:125707. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125707>.
- Sheehan, Mary C., and others (2014). Global methylmercury exposure from seafood consumption and risk of developmental neurotoxicity: a systematic review. *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 92, pp. 254–269.
- Silbernagel, Susan M., and others (2011). Recognizing and preventing overexposure to methylmercury from fish and seafood consumption: information for physicians. *Journal of Toxicology*, vol. 2011, ID 983072. <https://doi.org/10.1155/2011/983072>.
- Silva, Marisa, and others (2015a). Emergent toxins in North Atlantic temperate waters: A challenge for monitoring programs and legislation. *Toxins*, vol. 7, No. 3, pp. 859–885.
- Silva, Marisa, and others (2015b). First report of ciguatoxins in two starfish species: *Ophidiaster ophidianus* and *Marthasterias glacialis*. *Toxins*, vol. 7, No. 9, pp. 3740–3757.
- Smith, Madeleine, and others (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. *Current Environmental Health Reports*, vol. 5, No. 3, pp. 375–386.
- South Australia Environment Protection Agency (SA-EPA) (2020). *Beach Alert*. www.epa.sa.gov.au/data_and_publications/water_quality_monitoring/beach_water_advice.
- Stapleton P.A. (2019). Toxicological considerations of nano-sized plastics. *AIMS Environmental Science*, vol. 6, No. 5, pp. 367–378.
- Stern, S.T., and others (2012). Autophagy and lysosomal dysfunction as emerging mechanisms of nanomaterial toxicity. *Particle and Fibre Toxicology*, vol. 9, No. 20. <https://doi.org/10.1186/1743-8977-9-20>.

- Sullivan, A.J. (1971). Ecological effects of sewage discharge in the marine environment. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, vol. 177, No. 1048, pp. 331–351.
- Takahashi, C.K., and others (2008). Ballast water: a review of the impact on the world public health. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, vol. 14, No. 3, pp. 393–408.
- Tornero, V., and G. Hanke (2016). Chemical contaminants entering the marine environment from sea-based sources: a review with a focus on European seas. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 112, pp. 17–38.
- Turner, A.D., and others (2015). Potential threats posed by new or emerging marine biotoxins in UK waters and examination of detection methodology used in their control: brevetoxins. *Marine Drugs*, vol. 13, No. 3, pp. 1224–1254.
- United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Valotto, Gabrio, and others (2015). Environmental and traffic-related parameters affecting road dust composition: a multi-technique approach applied to Venice area (Italy). *Atmospheric Environment*, vol. 122, pp. 596–608.
- Van Acker, Emmanuel, and others (2020). Aerosolizable marine phycotoxins and human health effects: in vitro support for the biogenics hypothesis. *Marine Drugs*, vol. 18, No. 1, art. 46.
- Vethaak, A. Dick, and Heather A. Leslie (2016). Plastic debris is a human health issue. *Environmental Science & Technology*, vol. 50, No. 13, pp. 6825–26. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02569>.
- Vezzulli, L., and others (2016). Climate influence on *Vibrio* and associated human diseases during the past half-century in the coastal North Atlantic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201609157. <https://doi.org/10.1073/pnas.1609157113>.
- Vom Saal, F.S., and others (2007). Chapel Hill bisphenol A expert panel consensus statement: integration of mechanisms, effects in animals and potential to impact human health at current levels of exposure. *Reproductive Toxicology*, vol. 24, No. 2, pp. 131–138.
- Von Moos, N., and others (2012). Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental Science & Technology*, vol. 46, pp. 11327–11335.
- Wade, Timothy J., and others (2006). Rapidly measured indicators of recreational water quality are predictive of swimming-associated gastrointestinal illness. *Environmental Health Perspectives*, vol. 114, No. 1, pp. 24–28.
- Walker, Tony R., and others (2019). Environmental effects of marine transportation. In: *World Seas: An Environmental Evaluation*, 2nd edition, Sheppard, C., ed., Academic Press, pp. 505–530, chapter 27.
- Wan, Zheng, and others (2016). Three steps to a green shipping industry. *Nature*, vol. 530, pp. 275–277.
- Wheeler, Benedict W., and others (2012). Does living by the coast improve health and wellbeing? *Health & Place*, vol. 18, No. 5, pp. 1198–1201.
- White, Mathew P., and others (2013). Feelings of restoration from recent nature visits. *Journal of Environmental Psychology*, vol. 35, pp. 40–51.
- White, Mathew P., and others (2014). Coastal proximity and physical activity: is the coast an under-appreciated public health resource? *Preventive Medicine*, vol. 69, pp. 135–140.
- Winiger, P., and others (2019). Source apportionment of circum-Arctic atmospheric black carbon from isotopes and modeling. *Science Advances*, vol. 5, No. 2, eaau8052; <http://doi.org/10.1126/sciadv.aau8052>.
- Witten, K., and others (2008). Neighbourhood access to open spaces and the physical activity of residents: a national study. *Preventive Medicine*, vol. 47, No. 3, pp. 299–303.
- Wood, Sophie L., and others (2016). Exploring the relationship between childhood obesity and proximity to the coast: a rural/urban perspective. *Health & Place*, vol. 40, pp. 129–136.

- Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI) (2020). *Beach Closures*. www.whoi.edu/know-your-ocean/ocean-topics/pollution/beach-closures.
- World Health Organization (WHO) (2003). *Guidelines for Safe Recreational Water Environments: Coastal and Fresh Waters*. vol. 1. Geneva.
- _____ (2008). *Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure*. Geneva.
- _____ (2014). *Gender, climate change and health*. Geneva.
- _____ (2013) = Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) (2013). *Ртуть и здоровье* (информационный бюллетень № 361). Женева.
- _____ (2018). *Guidelines for safe recreational water environments: Volume 1 – Coastal and Fresh Waters*, Geneva. https://ec.europa.eu/environment/water/water-bathing/index_en.html.
- _____ (2020). *Water Safety and Quality – Bathing Waters*.
- WHO-Regional Office for Europe (WHO-Europe) (1984). *Health promotion: a discussion document on the concept and principles: summary report of the Working Group on Concept and Principles of Health Promotion, Copenhagen, 9–13 July 1984*.
- _____ (2010) = Европейское региональное бюро ВОЗ (2010). *Пармская декларация по окружающей среде и охране здоровья*. В публ.: Пятая министерская конференция по окружающей среде и охране здоровья «Защитим здоровье детей в изменяющейся среде». Парма, Италия. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/78610/E93618R.pdf.
- Wright, Stephanie L., and Frank J. Kelly (2017). *Plastic and human health: a micro issue?* *Environmental Science & Technology*, vol. 51, No. 12, pp. 6634–6647.
- Wyles, K.J., and others (2019). *Are some natural environments more psychologically beneficial than others? The importance of type and quality on connectedness to nature and psychological restoration*. *Environmental Behaviour*, vol. 51, pp. 111–143.
- Zanchett, Giliane, and Eduardo C. Oliveira-Filho (2013). *Cyanobacteria and cyanotoxins: from impacts on aquatic ecosystems and human health to anticarcinogenic effects*. *Toxins*, vol. 5, No. 10, pp. 1896–1917.
- Zmirou, Denis, and others (2003). *Risks associated with the microbiological quality of bodies of fresh and marine water used for recreational purposes: summary estimates based on published epidemiological studies*. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, vol. 58, No. 11.

Часть пятая
Тенденции,
характеризующие
нагрузки
на морскую
среду

Глава 9

Нагрузки, обусловленные климатическими и атмосферными изменениями

Участники: Карлос Гарсия-Сото (координатор и ведущий участник), Дениз Брайтберг, Ка Тхань Ву (соведущий участник), Тимон Зелиньский (соведущий участник), Габриель Ибарра, Моника Кампильос, Патрисия Кастильо-Брисено, Ким Сун Ён, Рокси М. Колл, Мэттью Коллинз, Кэтлин Макиннес, Хон Саэнс (соведущий участник), Санаэ Тиба (соведущий участник), Бесс Уорд, Луиз Б. Ферт, Томас Фрёлихер, Кэрен Л. Хантер, Джейсон М. Холл-Спенсер, Дейвид Хэлперн, Кэрен Эванс (соведущий участник) и Ганиш Эснаола.

Ключевые тезисы

- **Экстремальные климатические явления.** Доказано, что в результате человеческой деятельности эпизоды морской жары и тропические циклоны становятся все более разрушительными и оказывают воздействие на природу и человеческое общество. Хотя и наблюдаются экстремальные явления Эль-Ниньо, из-за того что они происходят нечасто, причастность человека выявить не удалось. Согласно прогнозам на будущее, несмотря на то что все три явления будут происходить все чаще, а их последствия будут носить все более разрушительный характер, такую динамику можно приостановить благодаря усилиям по смягчению последствий изменения климата.
- **Подъем уровня моря.** Вызывающие тревогу наблюдаемые темпы подъема уровня моря в сочетании с усилением штормовой активности и урбанизацией прибрежных районов привели к повышению степени подверженности прибрежных городов эрозии и наводнениям и увеличению потребности в инвестировании значительного объема средств в развитие материальной инфраструктуры и восстановление естественных барьеров, таких как рифы.
- **Закисление и дезоксигенация океана.** Ускоренное повышение содержания выбрасываемого в атмосферу из антропогенных источников CO₂ приводит к росту степени закисления и дезоксигенации океана. На такие условия — как в природе, так и в лабораториях — морские организмы, поддерживающие экосистемы и жизнеобеспечение и питание человека, как правило, реагируют плохо. В морской среде обитания происходит утрата разнообразия, многие долгоживущие организмы погибают и лишь несколько жизнеспособных видов размножаются. Менее серьезный ущерб, наносимый экосистемам, обеспечивающим жизнедеятельность, возможен при выполнении сценариев с более низкими уровнями выбросов.
- **Прочие физические и химические свойства.** Изменения температуры и солёности океана, вызванные изменением климата и деятельностью человека, влияют на морские экосистемы, поскольку приводят к сдвигам в распределении морских видов, снижению экологической ценности прибрежных экосистем и преобразованиям первичной морской продукции. Это сказывается на благополучии человека и экономике.

1. Введение

Первая часть данной главы посвящена трем темам в контексте экстремальных климатических явлений, связанных с океаном, а именно: эпизодам морской жары, экстремальным эпизодам, связанным с явлением Эль-Ниньо – Южное колебание, и тропическим циклонам. Рассматриваются как физические аспекты воздействия изменения климата на эти явления, так и потенциальное воздействие на природные и человеческие системы. Выводы основаны на гораздо более подробных результатах оценки, которые приводятся в главе 6 Специального доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата под названием «Океан и криосфера в меняющемся климате» (2019 год).

Экстремальное явление — это событие, редко происходящее в определенном месте и в определенное время года. Определения термина «редко» варьируются, но экстремальное событие обычно считается таковым, если происходит так же редко, как и событие в десятом или девяностом процентиле вероятности, рассчитываемой на основе результатов наблюдений, или реже. По определению характеристики того, что называется экстремальным явлением, могут варьироваться в абсолютных значениях от места к месту. Когда экстремальные погодные условия сохраняются на протяжении некоторого времени, например, сезона, они могут быть классифицированы как экстремальные климатические

явления, особенно если они приводят к средним или общим результатам, которые сами по себе являются экстремальными (например, высокая температура, засуха или общее количество осадков за сезон).

Вторая часть главы посвящена нагрузкам, обусловленным изменениями физических и химических свойств океана. Прогнозируемое повышение температуры моря на 1,5 °C по сравнению с доиндустриальным уровнем к 2050 году будет и далее приводить к изменениям в изобилии морских видов, включая виды, играющие большую роль в обеспечении средств к существованию в прибрежной зоне, в определенных широтах. Многие крупные прибрежные города расположены в районах дельт и подвержены наводнениям ввиду своей близости к рекам и морям, а также из-за расположения в целом в низменных районах и просадки грунта (Nicholls and others, 2008).

Защеление и дезоксигенацию океана также вызывают выбросы диоксида углерода и глобальное потепление. Эти изменения влекут за собой последствия для людей, полагающихся на здоровые морские экосистемы во всем мире. Хотя во время проведения первой «Оценки состояния Мирового океана» (United Nations, 2017) хи-

мические характеристики защеления океана и были хорошо изучены, последствия защеления для экосистем и общества были малоизвестны. Прогнозировалось, что последствия снижения уровня кислорода для круговорота питательных веществ и рыбных запасов будут усугубляться, особенно в тех случаях, когда вызванное изменением климата кислородное обеднение сопровождается эвтрофикацией прибрежных зон. С понижением уровня кислорода во всем Мировом океане связано сокращение биологического разнообразия и популяций рыб. Представлена новая информация о реакции морских организмов и экосистем на защеление и дезоксигенацию океана и о соответствующем формировании потенциала.

В данной главе, как и в главе 5, представлены аспекты настоящей «Оценки», касающиеся изменения климата. В этой главе приводится дополнительная информация о нагрузках на морские экосистемы и население, обусловленных некоторыми изменениями физических и химических свойств, вызванных изменением климата. Некоторые связанные с этим аспекты также рассматриваются в главе 7К и в главе 15.

2. Климатические нагрузки: экстремальные климатические явления и нагрузки, обусловленные изменениями физических и химических свойств океана

2.1. Экстремальные климатические явления

Эпизоды морской жары — это периоды чрезвычайно высокой температуры океана, которые продолжаются от нескольких дней до нескольких месяцев, могут затрагивать тысячи километров водного пространства и слои океана, находящиеся на глубине в несколько сотен метров (Hobday and others, 2016). В последние два десятилетия эпизоды морской жары отрицательно сказываются на морских организмах и экосистемах во всех океанических бассейнах, включая такие важнейшие основные виды, как кораллы, морские травы и бурые водоросли (Hughes and others, 2018; Smale and others, 2019). Согласно данным, полученным в результате спутниковых наблюдений, в период между 1982 и 2016 года-

ми количество эпизодов морской жары возросло вдвое, а сами эпизоды стали более продолжительными, интенсивными и масштабными (Frölicher and others, 2018; Oliver and others, 2018). В период с 2006 по 2015 год 84–90 процентов всех эпизодов морской жары, происходящих в мире, были обусловлены повышением температуры по сравнению с показателями 1850–1900 годов (Frölicher and others, 2018).

В условиях дальнейшего глобального потепления эпизоды морской жары будут происходить все чаще, а их продолжительность, масштабы и степень интенсивности — увеличиваться все больше (Frölicher and others, 2018; Darmaraki and others, 2019), в связи с чем некоторые морские организмы, рыбные запасы и экосистемы окажутся на пределе своих возможностей, за счет

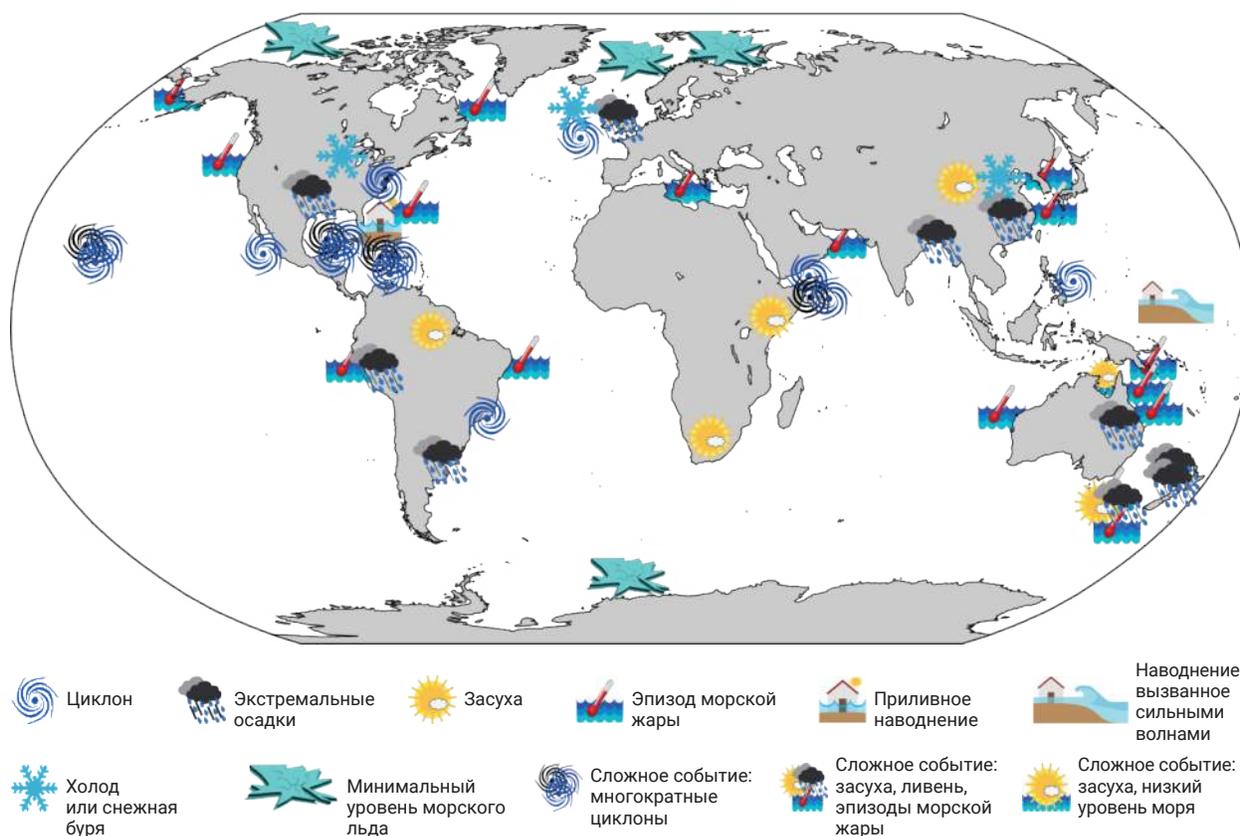
которых и обеспечивается их выживание, что будет постепенно сказываться на экономике и жизни общества (Smale and others, 2019). В глобальном масштабе в соответствии со сценарием 8.5 репрезентативной траектории концентрации (РТК), предполагающим высокий уровень выбросов, частотность эпизодов морской жары, по всей вероятности, возрастет к периоду 2081–2100 годов примерно в 50 раз, а в соответствии со сценарием 2.6 РТК, предполагающим низкий уровень выбросов, – примерно в 20 раз по сравнению с исходным периодом 1850–1900 годов (Van Vuuren and others, 2011). Такие прогнозируемые на будущее тенденции в частотности эпизодов морской жары можно в значительной степени объяснить повышением средней температуры океана. Наибольшие изменения в частотности эпизодов морской жары прогнозируются

для Северного Ледовитого океана и океанов тропических широт (рис. 1.; Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019, chap. 6, figure 6.4).

Хотя смягчение глобального потепления позволит снизить риск воздействия эпизодов морской жары, критические пороговые значения для некоторых экосистем (например, для зарослей водорослей и коралловых рифов) будут достигнуты даже при относительно низких уровнях будущего глобального потепления (King and others, 2017). Системы раннего предупреждения, позволяющие грамотно прогнозировать эпизоды морской жары, могут способствовать дальнейшему снижению степени уязвимости в области рыболовства, туризма и охраны окружающей среды, но они пока еще не доказали свою эффективность в крупных масштабах (Payne and others, 2017; Tommasi and others, 2017).

Рисунок 1

Районы экстремальных явлений, связанных, согласно результатам наблюдений, с изменением климата, вызванным деятельностью человека



Источник: Рисунок, адаптированный из доклада МГЭИК, 2019 год, рисунок 6.2.

Один из наиболее богатых данными примеров воздействия эпизода морской жары на рационально управляемый рыбный промысел приводится в контексте залива Аляска в северной части Тихого океана. Продолжительное теплое океаническое явление повлекло за собой менее активное смешение донных и поверхностных вод океана, что, в свою очередь, привело к нарушению трофических связей и сокращению популяций беспозвоночных и кормовых рыб, а также к уничтожению промысла тихоокеанской трески, вызвав целый ряд повторяющихся массовых вымираний морских млекопитающих и морских птиц, что повлекло за собой цепную реакцию в экономике прибрежных районов.

Явление «Эль-Ниньо – Южное колебание» связано с взаимодействием атмосферы и океана, которое определяется колебаниями между теплой и холодной температурой океана в центрально-восточной части Тихого океана в тропических широтах и связанными с этим колебаниями поверхностного давления в тропической и субтропической зонах в глобальном масштабе. Обычно между эпизодами этого явления проходит от двух до семи лет. Его часто измеряют по разности аномалий поверхностного давления между Таити, Французская Полинезия, и Дарвином, Австралия, и/или по температуре поверхности моря в центральной и восточной экваториальной части Тихого океана (Rasmussen and Carpenter, 1982). Это явление влечет за собой климатические последствия для всего Тихоокеанского региона и для многих других регионов мира из-за глобальных корреляционных связей. Теплая фаза колебания называется Эль-Ниньо, а холодная – Ла-Нинья.

В последние 50 лет происходят самые мощные явления Эль-Ниньо и Ла-Нинья со времен доиндустриальной эпохи, причем нынешняя амплитуда колебания необычайно высока по сравнению со средней амплитудой колебания за последнее тысячелетие (Cobb and others, 2013; Santoso and others, 2017). В современный период наблюдений (1982/83, 1997/98, 2015/16 годы) имели место три случая экстремального явления Эль-Ниньо, все из которых характеризовались выпадением обильных осадков в традиционно сухой восточной экваториальной части Тихого океана. Имели место и два случая экстремального явления Ла-Нинья (1988/89, 1998/99 годы).

Частотность экстремальных явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья, по всей вероятности, будет возрастать в связи с глобальным потеплением, а уже наблюдаемые последствия, скорее всего, только усугубятся даже при относительно небольшом будущем глобальном потеплении, причем в ряде регионов мира это выразится в более сухих или более влажных погодных условиях (Cai and others, 2014; Cai and others, 2015; Power and Delage, 2018).

Для управления рисками в контексте экстремальных явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья, связанными со здоровьем человека, сельским хозяйством, рыболовством, коралловыми рифами, аквакультурой, лесными пожарами, борьбой с засухой и наводнениями, можно использовать непрерывный долгосрочный мониторинг и более точные прогнозы (L'Heureux and others, 2017).

Тропический циклон – это собирательный термин, используемый в отношении любого мощного и имеющего циклонный характер явления, вызывающего изменение атмосферных условий и формирующегося над тропическими широтами океана. В зависимости от максимальной устойчивой скорости ветра на протяжении одной минуты такие циклонные явления называются либо тропическими депрессиями (≤ 17 м/с), либо тропическими штормами (18–32 м/с), либо тропическими циклонами (≥ 33 м/с, категории 1–5) (Knutson and others, 2010). В зависимости от географического местоположения тропический циклон называется ураганом, тайфуном или циклоном.

Антропогенное изменение климата влечет за собой увеличение количества осадков, силы ветров и частотности экстремальных явлений на море, связанных с рядом наблюдаемых тропических циклонов. Например, согласно результатам исследований, количество выпавших в ходе тропического циклона «Харви» осадков было по меньшей мере на 8 процентов больше из-за изменения климата (Risser and Wehner, 2017). В последние десятилетия антропогенное изменение климата, возможно, способствует смещению тропических циклонов максимальной интенсивности, образующихся в северо-западной части Тихого океана, в сторону полюсов, что связано с тропической экспансией, вызванной деятельностью человека (Sharmila and Walsh, 2018). Появляются свидетельства ряда региональных изменений в поведении тропических циклонов,

таких как увеличение в последние десятилетия доли ежегодно обрушивающихся на разные регионы мира тропических циклонов категории 4 или 5, чрезвычайно сильные тропические циклоны в Аравийском море, циклоны, приводящие к оползням в Восточной и Юго-Восточной Азии, повышение частотности умеренно сильных штормовых нагонов волн в Соединенных Штатах с 1923 года и снижение частотности сильных тропических циклонов, приводящих к оползням, в восточной части Австралии с конца 1800-х годов. Доля уверенности в том, что они представляют собой явные признаки последствий антропогенной деятельности, невысокая. В Южном океане и в северной части Атлантического океана экстремальная высота волн, приводящих к экстремальным явлениям на море, береговой эрозии и наводнениям, увеличивается примерно на 1,0 см в год, а в период 1985–2018 годов увеличивалась на 0,8 см в год (Young and Ribal, 2019).

При повышении мировой температуры на 2 °C прогнозируется повышение средней интенсивности тропических циклонов и связанного с этим среднего количества выпадения осадков, хотя вероятность будущих изменений частотности таких явлений в глобальном масштабе невелика (Yamada and others, 2017). Подъем уровня моря будет способствовать в будущем увеличению количества экстремальных явлений на море, связанных с тропическими циклонами (Garner and others, 2017). Согласно прогнозам, доля тропических циклонов категорий 4 и 5 возрастет (Knutson and others, 2015; Park and others, 2017). Такие изменения будут влиять на частотность и интенсивность штормовых нагонов волн, а также сказываться на прибрежной инфраструктуре и влиять на степень смертоносности этих явлений.

Уменьшения экономических потерь от тропических циклонов, которые обрушиваются на прибрежные зоны и острова, можно добиться благодаря вложению средств в проекты по снижению риска бедствий и по борьбе с наводнениями (экосистемные и инженерные подходы), а также в строительство систем раннего оповещения. Вместе с тем таким вложениям может препятствовать ограниченный местный потенциал, (например, устаревающая инфраструктура и другие факторы, не связанные с климатом), в результате чего, к примеру, в развивающихся странах

масштабы разрушений и число случаев гибели людей вследствие аномальных ветров и штормовых нагонов волн могут увеличиваться даже несмотря на усилия по адаптации. Появляются новые данные, свидетельствующие о растущем риске для мест, подвергающихся штормам, которые проходят по ранее неизвестным траекториям. Управление рисками, вызываемыми изменением траекторий и интенсивности штормов, оказывается непростой задачей в силу трудностей с организацией раннего оповещения и в силу нерасположенности затрагиваемого населения к реагированию.

2.2. Подъем уровня моря и города

Города все чаще подвергаются эрозии и подъему уровня моря (De Sherbinin and others, 2007; Hanson and others, 2011; Takagi and others, 2016). Многие из них состоят из больших площадей рекультивированных земель (земли, ранее находившиеся под морем, водно-болотными угодьями или другими водоемами), которые охраняются и защищаются от эрозии при помощи жестких инженерных конструкций, таких как волнорезы и защитные береговые насыпи (Sengupta and others, 2018). Вполне вероятно, что многие из таких спроектированных береговых линий потребуются адаптировать и модернизировать, чтобы они продолжали сохранять свою актуальность ввиду подъема уровня моря. Хотя в наиболее урбанизированных средах, которые зачастую уже находятся в сильно деградированном состоянии, возведение жестких инженерных конструкций нередко является единственным возможным вариантом и входит в число эффективных мер (Hallegatte and others, 2013; Hinkel and others, 2014), существует целый ряд более масштабных последствий возведения этих конструкций для окружающей среды (Dafforn and others, 2015). По данным, собранным во многих регионах (особенно городах) всего мира, более 50 процентов их береговых линий защищены береговыми насыпями (например, Chapman, 2003; Burt and others, 2013), и эта цифра, вероятно, в будущем будет только возрастать с учетом экономического роста, увеличения численности населения прибрежных районов и урбанизации (например, см. планы по рекультивации всей береговой линии двух малайзийских штатов в Chee and others, 2017).

В качестве одной из альтернатив возведению жестких инженерных конструкций, которые сопряжены с определенными сложностями и затратами, там, где это возможно, следует обращаться к естественным прибрежным экосистемам, таким как мангры и соленые марши, которые могут служить в качестве естественных барьеров или дополнять объект материальной инфраструктуры в рамках гибридных подходов (Temmerman and others, 2013). Использование таких экосистем позволит не просто защищать земли, но и выполнять ценные экосистемные функции и предоставлять услуги. Поскольку возведение жестких инженерных конструкций на береговой линии можно считать одним из эффективных краткосрочных решений проблемы прибрежных наводнений, в связи с наблюдаемым учащением штормов и подъемом уровня моря потребуются дополнительные инвестиции (Mendelsohn and others, 2012; Vitousek and others, 2017). К 2010 году, согласно подсчетам, среднемировой уровень моря должен был превышать уровень 1993 года на 52,4 мм, а к 2018 году он поднялся до отметки, на 89,9 мм превышающей отметку 1993 года (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2019). Кроме того, увеличивается и скорость изменения уровня моря. В период 1993–2018 годов темпы подъема уровня моря рассчитывались исходя из 3,2 мм в год, а в период 2010–2018 годов — исходя из 4,7 мм в год. Несмотря на сохраняющуюся значительную неопределенность, Межправительственная группа экспертов по изменению климата прогнозирует, что, даже если будут приняты меры по смягчению последствий изменения климата, подъем уровня моря будет продолжаться на протяжении веков. Потенциальное широкомасштабное таяние шельфовых ледников может привести к подъему уровня моря в XXI веке на несколько десятых сантиметра (Church and others, 2013), что повлечет за собой серьезные последствия для прибрежных городов, особенно тех, которые расположены в низменных районах.

Вместе с тем возможности для снижения рисков может также предоставить и урбанизация, с учетом того, что города являются движущей силой экономического роста и центрами инноваций, внимания политиков и инвестиций частного сектора (Garschagen and Romero-Lankao, 2015). Аль-

гат и др. (Hallegatte and others, 2013) провели глобальный анализ нынешнего и будущего ущерба в 136 крупнейших прибрежных городах. По их прогнозам, размер ущерба от наводнений во всем мире увеличится с 2005 по 2050 год с 6 млрд долл. США в год до 1 трлн долл. США в год, причем это будет сопровождаться социально-экономическими сдвигами, изменением климата и просадкой грунта. Даже при постоянных инвестициях в проекты по адаптации вероятность наводнений, просадка грунта и подъем уровня моря приведут к 2050 году к увеличению размера общемирового ущерба от наводнений до 60–63 млрд долл. США в год. В том же исследовании было установлено, что в особо уязвимом положении в контексте риска наводнений находятся развивающиеся страны, причем объем инвестиций в проекты по защите от наводнений в них значительно ниже (Hallegatte and others, 2013).

Тематическое исследование: Роттердам

В городах, расположенных в низменных районах Нидерландов, — страны, которая уже давно находится в авангарде усилий как в области приращения суши, так и в области адаптации к изменению климата, — к проблеме подъема уровня моря используется многосторонний подход. Например, в основе системы адаптации Роттердама лежит система защиты от наводнений и подъема уровня моря (C40 Cities, 2019), состоящая из гибкого штормового барьера Маслант, природных песчаных дюн вдоль побережья, дамб вдоль рек и специально разработанного механизма «в пределах дамб/за пределами дамб». Часть города, огороженная дамбой и расположенная в основном ниже уровня моря, располагает системой польдеров, осушаемых благодаря водоотливным отверстиям и насосам, и защищается более мелкими вторичными дамбами. Территория города, которая находится за пределами дамбы (3–5,5 м над уровнем моря) и в которой проживает 40 000 человек, уязвима для подъема уровня моря или небольших временных наводнений. Эту территорию адаптируют при помощи использования инновационных технологий (например, плавучие здания) и более традиционных подходов (например, изоляция фасадов зданий и размещение электрооборудования на более высоком уровне).

2.3. Нагрузки, обусловленные изменениями температуры

Потепление океана, вызванное антропогенным изменением климата, будет продолжаться в течение многих веков и после стабилизации антропогенного воздействия (IPCC, 2019). Потепление океана будет сказываться на морских экосистемах, усиливая совокупную нагрузку, возникающую в результате изменения климата и активизации человеческой деятельности, а также на других свойствах океана, таких как соленость и круговорот питательных веществ или углеродный цикл, в силу взаимосвязи всех этих процессов.

Зависимая от температуры биологическая чувствительность варьируется от вида к виду и обуславливается другими свойствами океана. Например, что касается пелагических организмов, то анализ долгосрочных тенденций первичной продукции показал, что повышение температуры океана, приводящее к усилению стратификации, ограничению количества питательных веществ и сдвигам в сторону малого фитопланктона, наиболее сильно скажется на уменьшении притока органического углерода в виде частиц в глубоководные слои океана (Boyd and others, 2016; Fu and others, 2016). В низких и средних широтах прогнозируется уменьшение потоков органического углерода в виде частиц, однако в высоких широтах в связи с сокращением морского ледяного покрова их число, возможно, только возрастет (Sweetman and others, 2017; Yool and others, 2017; FAO, 2018).

В специальном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (2018 год), озаглавленном «Глобальное потепление на 1,5° C» (*Global Warming of 1.5 °C*), указывается, что океанические экосистемы уже переживают крупномасштабные изменения, и ожидается, что при температуре 1,5 °C и выше будут достигнуты критические пороговые показатели глобального потепления. Ожидается, что изменения температуры воды приведут к тому, что некоторые виды (например, планктон и рыба) переместятся в более высокие широты и образуют новые экосистемы (Jonkers and others, 2019).

Повышение температуры непосредственно влияет на прибрежные сообщества с точки зрения воздействия не только на прибрежные морские экосистемы, но и на экосистемные услуги, которые они предоставляют (Worm and others, 2006; Pendleton and others, 2016). Они включают, например, поддержание определенного числа жизнеспособных рыбных хозяйств, выполнение функций питомников и услуги по фильтрации, предоставляемые прибрежными водно-болотными угодьями (Cochard and others, 2008; Barange and others, 2018). К числу прибрежных экосистем, серьезно затронутых потеплением океана, относятся коралловые рифы, и такое явление, как обесцвечивание кораллов, может сказаться не только на морской жизни, но и на морском туризме.

Кроме того, изменения температуры и солености влияют и на благополучие человека (питание и здоровье). Что касается продовольственной безопасности, то рыба является одним из наиболее потребляемых продуктов питания в мире и одним из наиболее важных компонентов здорового питания, поскольку в ней содержатся белки, жирные кислоты, витамины и другие элементы, необходимые для поддержания здорового образа жизни (Hilmi and others, 2014). Изменение климата может привести к сокращению объема доступных морепродуктов (Golden and others, 2016) и, как следствие, к сокращению объемов поставок белка жителям прибрежных районов в целом (Blanchard and others, 2017). Это сильно скажется на сообществах, которые потребляют в основном морепродукты, включая сообщества коренных народов и другие прибрежные сообщества.

При более высоких температурах океана также, вероятно, будут происходить более широкое распространение и более активная передача болезней. Потепление океана может повысить риск заболеваний, передающихся через воду, и выделения цветущими водорослями токсинов (см. гл. 6А), что будет сказываться на здоровье населения и экономике пострадавших районов. Например, ожидается, что из-за повышения температуры океана бактериальный патоген *Vibrio cholerae* будет расти быстрее (Semenza and others, 2017).

2.4. Нагрузки, обусловленные изменениями химического состава

По мере поглощения океаном выбросов диоксида углерода происходят быстрые изменения химического состава морской воды, причем сам процесс известен как закисление океана (см. гл. 5). По мере увеличения парциального давления диоксида углерода в морской воде уровень карбонатного насыщения опускается ниже уровней, подходящих для жизни рифоформирующих организмов, имеющих значимость в мировом масштабе (Albright and others, 2018). Большинство коралловых рифов (мелководных и глубоководных) уязвимы для повышения концентрации CO_2 (Lam and others, 2019). Закисление океана приводит к уменьшению глубины, на которой происходит растворение карбоната в морской воде, что угрожает глубоководным коралловым рифам по всему миру, подвергающимся разъеданию и более активной биоэрозии (Gómez and others, 2018). Закисление океана в сочетании с повышением температуры, подъемом уровня моря и более сильными штормами приводит к снижению степени жизнестойкости рифов в глобальном масштабе и более активному уничтожению рифов. В Арктике наблюдается быстрое расширение площади поверхностных морских вод, разъедающих известковые организмы (Brodie and others, 2014).

Закисление океана может сказаться на всех видах морской флоры и фауны, например, в результате изменений в экспрессии генов, физиологии, репродукции и поведении (Riebesell and Gattuso, 2015; IPCC, 2019). В период с 2005 по 2009 год закисление океана поставило под угрозу индустрию аквакультуры моллюсков и ракообразных, исчисляемую в 270 млн долл. США, в которой в штате Вашингтон, Соединенные Штаты, ежегодно были задействованы 3 200 человек. Из-за того, что морская вода стала разъедать личиночные раковины, в инкубаторах погибли миллиарды устриц (Ekstrom and others, 2015). Помимо негативного воздействия на кальцифицирующий фито- и зоопланктон, закисление может привести к снижению питательной ценности морепродуктов.

Закисление океана также сказывается на свойствах, функциях и услугах экосистем. Хотя неко-

торые группы организмов хорошо справляются с условиями закисления, этого нельзя сказать о многих других таксонах (Agostini and others, 2018). Многие водоросли устойчивы к уровням закисления океана, прогнозируемым в соответствии со сценарием 8.5 РТК, разработанным Межправительственной группой экспертов по изменению климата, однако изменения в составе сообществ влекут за собой значительные изменения в среде обитания морских водорослей (Brodie and others, 2014; Enochs and others, 2015). Повышенный уровень содержания углерода приводит к более интенсивному образованию первичной продукции и может повлечь за собой увеличение постоянных запасов бурых водорослей и морских трав (Russell and others, 2013; Linares and others, 2015; Cornwall and others, 2017), хотя в закисленных водах в незащищенных условиях преобладают микроводоросли и дерновые водоросли (Agostini and others, 2018; Connell and others, 2018).

Согласно результатам исследования естественных утечек CO_2 в море, при снижении среднего показателя pH с 8,1 до 7,8 наблюдается сокращение макрофаунового биоразнообразия примерно на 30 процентов (Agostini and others, 2018; Foo and others, 2018), что влечет за собой прямые последствия, такие как увеличение метаболических затрат на борьбу с гиперкапнией, и косвенные последствия, такие как повышенный риск стать жертвой хищников (Sunday and others, 2017). Некоторые кораллы хорошо растут в морской воде с повышенной концентрацией CO_2 , однако местообитания, которые они образуют, не отличаются разнообразием, поскольку рифы подвергаются в результате закисления океана ослаблению, вызванному химическим разъеданием и усиленной биоэрозией, что влечет за собой сдвиг к менее разнообразным экосистемам. В главе 7D также рассматривается воздействие закисления океана на коралловые рифы. Двойной эффект повышения концентрации CO_2 и уменьшения количества карбонатов приводит к изменению трофических связей. Снижение численности и размеров известковых организмов способствует зарастанию дерновыми водорослями и упрощению пищевых цепочек, что приводит к потере функционального разнообразия (Vizzini and others, 2017; Teixidó and others, 2018).

Ущерб от закисления океана выражается в меньшей защите прибрежных районов и сокращении

масштабов среды, пригодной для поддержания биоразнообразия и рыболовства (Hall-Spencer and Harvey, 2019). За последние 150 лет живой коралловый покров на рифах тропических широт сократился почти вдвое, причем его сокращение ускорилось за последние два десятилетия из-за повышения температуры воды и закисления океана, что усугубляет другие факторы, вызывающие гибель кораллов. Закисление океана, сопровождаемое повышением температур, подъемом уровня моря и учащением экстремальных климатических явлений, еще больше угрожает способности прибрежных экосистем предоставлять услуги. Это особенно важно для тех людей, которые в значительной степени полагаются на доступность морских ресурсов в плане обеспечения защиты, пропитания, занятости и туризма (Lam and others, 2019).

Предлагаемые действия по уменьшению воздействия закисления океана и повышению его устойчивости к внешним воздействиям направлены, прежде всего, на сокращение объема выбросов CO₂, но также включают: сокращение объема загрязнения и числа других стрессоров (таких как перелов и нанесение ущерба среде обитания), выращивание морских водорослей и восстановление морских трав, водоочистку (например, для высокоценной аквакультуры), адаптацию видов деятельности человека, таких как аквакультура, и восстановление поврежденных экосистем (Cooley and others, 2016), например, путем восстановления дикой природы в океане.

Что касается дезоксигенации, то с середины XX века общее содержание кислорода в океане (включая прибрежные воды, такие как эстуарии и полузамкнутые моря) снизилось приблизительно на 2 процента, или более чем на 150 миллиардов тонн (Schmidtke and others, 2017), а, согласно сообщениям, концентрация кислорода в более чем 600 прибрежных водоемах составляет менее 2 мг на литр (Diaz and Rosenberg, 2008; Breitburg and others, 2018). Прогнозируется, что изменение климата приведет к более существенному снижению содержания кислорода во многих прибрежных системах, где дезоксигенация в настоящее время вызвана, главным образом, избытком веществ антропогенного происхождения. Такая дезоксигенация вызывает большую обеспокоенность, поскольку кислород имеет основополагающее значение для жизни в океанах

(рис. II; Laffoley and Baxter, 2019). Дезоксигенация ограничивает продуктивность и биоразнообразие, в то время как кислород позволяет регулировать круговорот питательных веществ и углерода в глобальном масштабе и необходим для выживания отдельных организмов (Breitburg and others, 2018). Когда кислорода достаточно, он не оказывает ограничивающего или отрицательного влияния на физиологию, поведение и экологическое взаимодействие организмов, зависящих от аэробного (кислородного) дыхания. Если уровень кислорода недостаточен и эти процессы нарушены, вода считается гипоксической. Для определения гипоксии часто используется пороговое значение в 2 мг растворенного кислорода/л, однако концентрация кислорода (или насыщенность кислородом), при которой нарушаются жизненные процессы, значительно варьируется в зависимости от вида, процессов и среды обитания и обусловлена температурой.

По мере снижения уровня содержания кислорода в воде все более существенная часть продукции приходится на микробы (Diaz and Rosenberg, 2008; Wright and others, 2012). Из-за измененной скорости обнаружения и свойственного в контексте конкретных видов воздействия низкого содержания кислорода на эффективность питания хищников и поведения рыб, представляющих собой пищевые объекты, изменениям подвергаются и пищевые сети. Может участиться передача энергии толерантным животным, таким как студенистый зоопланктон (Keister and Tuttle, 2013). В районах с низким содержанием кислорода роль зрения (McCormick and Levin, 2017) и роль хищничества (Sperling and others, 2016) могут отходить на второй план, потому что на эти виды деятельности затрачивается много энергии. Напротив, хищническое поведение может усиливаться в слоях, расположенных над зонами с низким содержанием кислорода, по мере того, как виды, полагающиеся на зрение для ведения охоты, попадают на мелководье с более высокой степенью освещенности (Koslow and others, 2011).

Ожидается, что снижение уровня содержания кислорода в океане отрицательно скажется на широком спектре биологических и экологических процессов. Вместе с тем масштабы последствий будут варьироваться в зависимости от видов и процессов, и неясно, будет ли масштаб реакций прямо пропорционален масштабам сни-

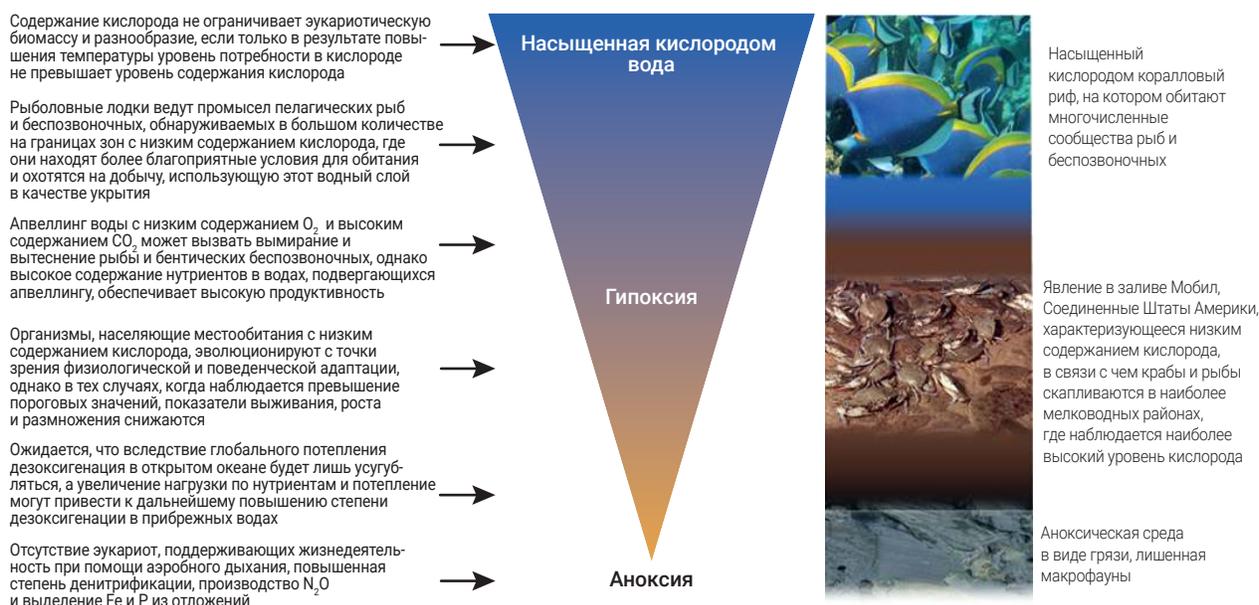
жения уровня содержания кислорода. Некоторые последствия снижения уровня содержания кислорода зависят от прямого воздействия этого явления в водах с низким содержанием кислорода, в то время как другие включают в себя перемещение организмов и веществ (например, нутриентов, органических веществ, парниковых газов) между местами с разными уровнями содержания кислорода, и все же остальные последствия в первую очередь зависят от уровня кислорода в конкретных местах, которые имеют крайне большое значение для определенных видов и стадий жизни. Многие реакции включают в себя достижение пороговых уровней содержания кислорода, при которых больше невозможно поддерживать биологические функции.

По мере снижения уровня содержания кислорода объем биомассы и разнообразие эукариотных организмов имеют тенденцию уменьшаться, а видовой состав — изменяться (Gallo and Levin, 2016). По мере расширения водных райо-

нов с низким уровнем содержания кислорода толерантные виды могут перемещаться на другие глубины, расширяя свой ареал обитания, в то время как площадь ареалов более чувствительных видов сокращается (Sato and others, 2017). Относительная численность видов в системах отражает различия в степени толерантности видов к районам с низким уровнем содержания кислорода и другим сопутствующим стрессорам (Koslow and others, 2018). Численность организмов, в том числе ракообразных и рыб, адаптированных к среде с низким уровнем содержания кислорода, может достигать в районах с низким содержанием кислорода весьма высоких показателей (Pineda and others, 2016; Gallo and others, 2019). Вместе с тем в естественно низкокислородных средах обитания, таких как зоны с минимальным содержанием кислорода, даже очень незначительные изменения (составляющие менее 1 процента содержания кислорода в хорошо насыщенных кислородом поверхностных водах)

Рисунок II

Контроль кислорода над биологическими и биогеохимическими процессами в открытом океане и прибрежных водах



Источник: Рисунок адаптирован из Брайтбург и др. (Breitburg and others, 2018).

Примечания. Кислород осуществляет жесткий контроль над биологическими и биогеохимическими процессами в открытом океане и прибрежных водах. Меняется ли структура кислорода в пространстве — как с глубиной, так и с течением времени — по мере усиления воздействия нутриентов и потепления или нет, показатели биологического разнообразия, биомассы и продуктивности с уменьшением уровня кислорода снижаются.

могут привести к вытеснению видов, которые в противном случае были бы многочисленны (Wishner and others, 2018).

Постоянное нахождение в среде, не характеризующейся оптимальным уровнем содержания кислорода, может привести к сокращению численности (Thomas and others, 2019) и замедлению размножения (Thomas and others, 2015). Цифровые модели показывают, что такие хронические последствия могут привести с течением времени к сокращению численности популяций (Rose and others, 2018) даже в условиях отсутствия смертности, вызванной непосредственно низким уровнем содержания кислорода. Согласно сообщениям, у целого ряда позвоночных и беспозвоночных хозяев в результате нахождения в водах с низким содержанием кислорода наблюдается рост числа и прогрессирование инфекций и ослабление иммунных реакций, свойственных хозяевам (Breitburg and others, 2019), что может привести к росту числа случаев передачи патогенов людям, потребляющих такие организмы с ослабленным иммунитетом (Hernroth and Baden, 2018).

Микробы эволюционировали и адаптировались настолько, что могут существовать даже в самых экстремальных местах обитания на Земле, включая те, которые не содержат кислорода. Биогеохимическая переработка элементов микробами в отсутствие кислорода приводит к образованию парниковых газов, в том числе закиси азота и метана (Buitenhuis and others, 2018). Так, расширение аноксических местообитаний может повлечь за собой увеличение объема выбросов парниковых газов в атмосферу, что еще больше усилит потепление и стратификацию. Вместе с тем последствия развития событий по такому сценарию остаются неопределенными, поскольку потепление и стратификация, которые могут привести к увеличению объема производства парниковых газов, также повлияют на темпы и распределение первичной продукции, от которой зависят все другие биологические процессы (Battaglia and Joos, 2018).

Дезоксигенация океана происходит параллельно с действием других вызванных деятельностью человека стрессоров в океане. При повышенной температуре океана микробам, зависящим от аэробного дыхания, и подавляющему большинству морских животных для выжи-

вания потребуется больше кислорода (Pörtner, 2012). В связи с этим повышение температуры океана влечет за собой сокращение площади подходящих местообитаний, поскольку, с одной стороны, потребности в кислороде только возрастают, а с другой стороны, потери кислорода становятся все более серьезными. Прогнозируемые смещения в распределении видов в сторону полюсов и более глубоких, прохладных вод, локальные исчезновения и уменьшение максимальной численности многих видов рыб объясняются — по крайней мере частично — увеличением потребности в кислороде при более теплых температурах (Deutsch and others, 2015; Pauly and Cheung, 2018). Совокупное воздействие стрессоров, связанных с изменением климата океана, а именно дезоксигенации, потепления и закисления, может также привести к пространственно-временным и эволюционным несоответствиям между зоопланктоном и личинками рыбы, которые повлекут за собой изменение цикла развития и выживания личинок и, в конечном счете, негативные последствия для рыбного промысла (Dam and Baumann, 2017). В более общем плане роль кислорода в преобразовании пищи в энергию предполагает, что объем поступающего кислорода может помочь определить количество энергии, необходимой для реагирования на другие стрессоры (Sokolova, 2013).

Промысловые уловы в кислородно обедненных водах зачастую небольшие вследствие избегания таких районов высококомобильными видами, а также смертности и неудачного пополнения сессильных или малоподвижных видов (Breitburg and others, 2009; Rose and others, 2018). Существует опасение, что в районах с низким содержанием кислорода, которые только расширяются, рыба и подвижные моллюски подвергаются повышенному риску перелова (Craig, 2012; Purcell and others, 2017), что приводит к большим скоплениям видов в слоях, находящихся выше слоя вод с низким содержанием кислорода, и на границах такого слоя (Craig, 2012; Stramma and others, 2012). Например, пространственные сдвиги в промысловом усилении хорошо задокументированы как относительно промысла бурых креветок в Мексиканском заливе, так и относительно промысла дандженесского краба в Худ-Канале, Соединенные Штаты, где площадь пространственного наложения друг на друга зон

охвата рыболовными флотами и зон обитания промысловых видов увеличивается по мере расширения гипоксических зон на сезонной основе или в период между годами, в течение которых пространственные масштабы гипоксии варьируются (Purcell and others, 2017; Froehlich and others, 2017). Уровень смертности рыб в результате рыбного промысла может возрастать там, где такие места убежища становятся зонами вылова и где рыбы распределяются на относительно мелководье, что способствует повышению интенсив-

ности рыболовства (Purcell и др., 2017). Кроме того, одной из важных причин смертности как в аквакультуре пелагических рыб, так и в аквакультуре моллюсков и ракообразных являются явления, характеризующиеся понижением уровня содержания кислорода, что приводит к существенным экономическим потерям на местах и влечет за собой последствия как для здоровья человека, так и для продовольственной безопасности (Cayabyab and others, 2002; Rice, 2014).

3. Формирование потенциала: Глобальная система наблюдений за закислением океана и Глобальная сеть по вопросам содержания кислорода в океане

Цель 14 в области устойчивого развития касается необходимости «сохранения и рационального использования океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития», в том числе путем выполнения задачи 14.3, предусматривающей сведение к минимуму и ликвидацию последствий закисления океана, в том числе благодаря развитию научного сотрудничества на всех уровнях¹. Обеспокоенность проблемой дезоксигенации была также отмечена в декларации «Наш океан – наше будущее: призыв к действиям», которая стала итоговым документом Конференции Организации Объединенных Наций по содействию достижению цели 14 в области устойчивого развития «Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития»².

Способность связывать воздействие на экосистемы с изменением химического состава океана требует постоянного совершенствования систем наблюдения за океаном. Такие глобальные инициативы в области океанических исследований, как «Биогеохимия-Арго» (Biogeochemical Argo), а также Глобальная система наблюдений за закислением океана и Глобальная сеть Межправительственной океанографической комиссии по вопросам содержания кислорода в океане, способствуют сокращению числа барье-

ров и наращиванию потенциала в поддержку более глубокого глобального понимания процессов закисления и дезоксигенации океана. Глобальная система наблюдений за закислением океана и Глобальная сеть по вопросам содержания кислорода в океане обеспечивают доступ к сотрудничеству и наставничеству в поддержку повышения эффективности наблюдений за уровнем pH и кислорода в океане путем проведения учебных занятий, установления партнерских связей и оказания поддержки созданию региональных центров. В настоящее время основные усилия по наблюдению за закислением и дезоксигенацией океана и проведению научных исследований прилагают в относительно небольшом числе стран, в результате чего во всем мире, особенно в Южном полушарии, а также в малых островных развивающихся государствах и наименее развитых странах остаются значительные пробелы в знаниях и потенциале (Глобальная система наблюдений за закислением океана, 2019 год). Более высокая способность собирать сложные данные и проводить более качественные наблюдения по всему миру означает, что прогнозы, составляемые по итогам проведения экспериментов и использования экосистемных моделей, могут становиться более точными по мере того, как эти эксперименты и модели будут более эф-

¹ См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

² См. резолюцию 71/312 Генеральной Ассамблеи, приложение; см. также URL: <https://oceanconference.un.org/callforaction>.

фективно воспроизводить реальные сценарии для достижения цели 14.

Морские экосистемные услуги зависят от того, какие базовые биотические функции поддерживаются (Connell and others, 2018), какие инженеры экосистем и ключевые виды сохраняются (Sunday and others, 2017), а также от того, удастся ли избежать распространения вредных видов (Hall-Spencer and Allen, 2015). Сохраняются значительные пробелы в знаниях, необходимых для понимания экосистемных мер реагирования на изменения в химическом составе океана. Вместе с тем благодаря экспериментам и экосистемным моделям, в которых задействованы множественные стрессоры и которые основываются на результатах прогресса в области экофизиологии и геномики, можно более точно описать масштабы воздействия и снизить степень неопределенности в этом отношении. Необходимо лучше понимать, каким образом дезоксигенация сказывается на изменении траекторий перемещения микробов и темпах прохождения процессов в водной толще и на глубоководных участках океана (Breitburg and others, 2018). Был поддержан призыв Рибеселла и Гаттусо (Riebesell and Gattuso (2015) перейти к проведению экс-

периментов с множественными стрессорами и к многовидовым экспериментам, чтобы достичь более глубокого понимания экологических последствий закисления океана для морских сообществ (Munday, 2017). Дальнейший прогресс будет достигнут в результате углубления и расширения понимания взаимосвязей закисления океана и содержания кислорода с другими экологическими факторами, а также того, как меняются экологические и видовые взаимодействия в условиях, которые имеют для них значение, и как индивидуальная вариативность, пластичность и адаптация в ответ на изменение химического состава океана влияют на характер последствий для морских экосистем. Достижение прогресса в исследованиях по этим темам позволит принять более эффективные меры для смягчения последствий закисления и дезоксигенации океана, что в результате может иметь менее серьезные последствия для миллионов людей, благополучие которых зависит от охраны прибрежных районов, рыболовства и аквакультуры, в рамках сценариев, предполагающих более низкие уровни выбросов.

4. Резюме

Согласно полученным данным, в результате изменения климата, вызванного деятельностью человека, эпизоды морской жары становятся все более частыми и интенсивными и в основном оказывают негативное воздействие на морские экосистемы. Прогнозируется, что в будущем эпизоды морской жары будут происходить все чаще, а их воздействие будет лишь усиливаться, однако такие последствия можно в значительной мере ограничить благодаря усилиям по смягчению последствий изменения климата. Для адаптации к последствиям эпизодов морской жары могут использоваться системы прогнозирования.

Хотя и наблюдаются экстремальные явления Эль-Ниньо и Ла-Нинья, из-за того что они происходят нечасто, причастность человека выявить не удалось. Вместе с тем в рамках будущих сценариев глобального потепления модели демонстрируют повышение частотности обеих фаз ко-

лебания. Как и в случае эпизодов морской жары, для управления рисками и адаптации могут быть использованы системы прогнозирования, которые уже существуют.

Хотя изменения в частотности и пространственном распределении тропических циклонов в записи наблюдений обнаружить непросто, результаты исследований отдельных циклонов показали влияние человека на их интенсивность, в частности, на связанное с ними выпадение осадков. Прогнозируется, что в будущем их интенсивность изменится, что окажет соответствующее воздействие на штормовые нагоны волн и прибрежную инфраструктуру.

Хотя все прибрежные города уже сталкиваются с проблемой подъема уровня моря, города, которые расположены в низменных районах, и развивающиеся страны, которые не в состоянии инвестировать средства в проекты по защите прибрежных районов и восстановлению

естественных барьеров, понесут более масштабный ущерб и потери. Согласно результатам глобальных демографических исследований, люди уже переселяются в прибрежные районы и будут делать это и впредь, в связи с чем все больше людей будут подвергаться экономическому и социальному риску. Хотя города, как правило, являются центрами инноваций и инвестиций, основные примеры свидетельствуют о трудностях в решении таких сложных проблем в уязвимых районах.

Ущерб и потери также обусловлены существующей уязвимостью прибрежной инфраструктуры и могут быть вызваны не только подъемом уровня моря. Напротив, подъем уровня моря может усугубить существующие проблемы, тем самым лишь увеличивая риск.

Сложные взаимодействия температуры и солености с нутриентами и химическими циклами океана предполагают, что колебания этих переменных в результате изменения климата и антропогенного воздействия оказывают влияние на морские экосистемы, население, прибрежные сообщества и экономику соответствующих районов. Потепление океана наносит значительный ущерб морским экосистемам, и виды теряют свою среду обитания, в связи с чем они вынуждены приспосабливаться или перемещаться в

новые районы с другой температурой или искать новые места для жирования, нереста или нагула.

Возможность предоставления морских экосистемных услуг человеческому обществу зависит в основном от кислотности океана и наличия достаточного количества кислорода. Вместе с тем в настоящее время наблюдаются быстрые изменения кислотности океана и понижение уровня кислорода, вызванные изменением климата и антропогенными выбросами CO₂, что влечет за собой изменения в морских местообитаниях и экосистемах во всем мире. Потепление приводит к снижению уровня кислорода, а закисление быстро сказывается на карбонатном составе поверхностных океанических вод, что в совокупности ограничивает рост и выживаемость многих организмов и подрывает устойчивость экосистем.

Ликвидация пробелов в знаниях в области океанографии путем оказания поддержки усилиям по наращиванию потенциала, направленным на углубление понимания того, как океан и его экосистемы реагируют на изменения физических и химических свойств океана, является одним из важных способов уменьшения воздействия таких изменений и достижения цели 14 в области устойчивого развития.

Справочная литература

Введение

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019). = Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) (2019 год). Специальный доклад МГЭИК *Океан и криосфера в условиях изменяющегося климата*.

Nicholls, R.J., and others (2008). Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes, No.1. <https://doi.org/10.1787/011766488208>.

United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

Экстремальные климатические явления

Cai, Wenju, and others (2014). Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change*, vol. 4, No. 2, p. 111.

Cai, Wenju, and others (2015). Increased frequency of extreme La Niña events under greenhouse warming. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 2, p. 132.

Cobb, Kim M., and others (2013). Highly variable El Niño – southern oscillation throughout the Holocene. *Science*, vol. 339, No. 6115, pp. 67–70.

- Darmaraki, Sofia, and others (2019). Future evolution of Marine Heatwaves in the Mediterranean Sea. *Climate Dynamics*, pp. 1–22.
- Frölicher, Thomas L., and others (2018). Marine heatwaves under global warming. *Nature*, vol. 560, No. 7718, p. 360.
- Garner, Andra J., and others (2017). Impact of climate change on New York City's coastal flood hazard: Increasing flood heights from the preindustrial to 2300 CE. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, No. 45, pp. 11861–11866.
- Hobday, Alistair J., and others (2016). A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progress in Oceanography*, vol. 141, pp. 227–238.
- Hughes, Terry P., and others (2018). Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature*, vol. 556, No. 7702, p. 492.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018) = Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) (2018 год). *Глобальное потепление на 1,5 °C*. Специальный доклад МГЭИК о последствиях глобального потепления на 1,5 °C выше доиндустриальных уровней и о соответствующих траекториях глобальных выбросов парниковых газов в контексте укрепления глобального реагирования на угрозу изменения климата, а также устойчивого развития и усилий по искоренению нищеты; редактор Валери Массон-Дельмотт и другие.
- _____ (2019). *Специальный доклад МГЭИК Океан и криосфера в условиях изменяющегося климата*.
- King, Andrew D., and others (2017). Australian climate extremes at 1.5°C and 2°C of global warming. *Nature Climate Change*, vol. 7, No. 6, p. 412.
- Knutson, Thomas R., and others (2010). Tropical cyclones and climate change. *Nature Geoscience*, vol. 3, No. 3, pp. 157–163.
- Knutson, Thomas R., and others (2015). Global projections of intense tropical cyclone activity for the late twenty-first century from dynamical downscaling of CMIP5/RCP4. 5 scenarios. *Journal of Climate*, vol. 28, No. 18, pp. 7203–7224.
- L'Heureux, Michelle L., and others (2017). Observing and predicting the 2015/16 El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 98, No. 7, pp. 1363–1382.
- Oliver, Eric C.J., and others (2018). Longer and more frequent marine heatwaves over the past century. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, art. 1324.
- Park, Doo-Sun R., and others (2017). Asymmetric response of tropical cyclone activity to global warming over the North Atlantic and western North Pacific from CMIP5 model projections. *Scientific Reports*, vol. 7, art. 41354.
- Payne, Mark R., and others (2017). Lessons from the first generation of marine ecological forecast products. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 289.
- Power, Scott B., and François P.D. Delage (2018). El Niño – southern oscillation and associated climatic conditions around the world during the latter half of the twenty-first century. *Journal of Climate*, vol. 31, No. 15, pp. 6189–6207.
- Rasmussen, E.M. and T.H. Carpenter (1982). Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Monthly Weather Review*, vol. 110, No. 5, pp. 354–384.
- Risser, Mark D., and Michael F. Wehner (2017). Attributable human-induced changes in the likelihood and magnitude of the observed extreme precipitation during hurricane Harvey. *Geophysical Research Letters*, vol. 44, No. 24, pp. 12–457.
- Santoso, Agus, and others (2017). The defining characteristics of ENSO extremes and the strong 2015/2016 El Niño. *Reviews of Geophysics*, vol. 55, No. 4, pp. 1079–1129.

- Sharmila, S., and K.J.E. Walsh (2018). Recent poleward shift of tropical cyclone formation linked to Hadley cell expansion. *Nature Climate Change*, vol. 8, No. 8, p. 730.
- Smale, Dan A., and others (2019). Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services. *Nature Climate Change*, vol. 9, No. 4, p. 306.
- Tommasi, Desiree, and others (2017). Managing living marine resources in a dynamic environment: the role of seasonal to decadal climate forecasts. *Progress in Oceanography*, vol. 152, pp. 15–49.
- Van Oldenborgh, G.J., and others (2017). Attribution of extreme rainfall from Hurricane Harvey, August 2017. *Environment Research Letters*, vol. 12, No. 12, 124009, <http://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9ef2>.
- Vuuren, Detlef P., and others (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, vol. 109, No. 1, art. 5. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>.
- Yamada, Yohei, and others (2017). Response of tropical cyclone activity and structure to global warming in a high-resolution global nonhydrostatic model. *Journal of Climate*, vol. 30, No. 23, pp. 9703–9724.
- Young, Ian R., and Agustinus Ribal (2019). Multiplatform evaluation of global trends in wind speed and wave height. *Science*, vol. 364, No. 6440, pp. 548–552.

Подъем уровня моря и города

- Burt, John A., and others (2013). Urban breakwaters as reef fish habitat in the Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 72, No. 2, pp. 342–350.
- C40 Cities (2019). www.c40.org/other/the-future-we-don-t-want-staying-afloat-the-urban-response-to-sea-level-rise.
- Chapman, M.G. (2003). Paucity of mobile species on constructed seawalls: effects of urbanization on biodiversity. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 264, pp. 21–29.
- Chee, Su Yin, and others (2017). Land reclamation and artificial islands: walking the tightrope between development and conservation. *Global Ecology and Conservation*, vol. 12, pp. 80–95.
- Church, J.A., and others (2013). Sea level change. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, T.F. Stocker, and others, eds., pp. 1137–1216. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Dafforn, Katherine A., and others (2015). Marine urbanization: an ecological framework for designing multi-functional artificial structures. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 13, No. 2, pp. 82–90.
- De Sherbinin, Alex, and others (2007). The vulnerability of global cities to climate hazards. *Environment and Urbanization*, vol. 19, No. 1, pp. 39–64.
- Garschagen, Matthias, and Patricia Romero-Lankao (2015). Exploring the relationships between urbanization trends and climate change vulnerability. *Climatic Change*, vol. 133, No. 1, pp. 37–52.
- Hallegatte, Stephane, and others (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*, vol. 3, No. 9, p. 802.
- Hanson, Susan, and others (2011). A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes. *Climatic Change*, vol. 104, No. 1, pp. 89–111.
- Hinkel, Jochen, and others (2014). Coastal flood damage and adaptation costs under 21st century sea-level rise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, No. 9, pp. 3292–3297.
- Jonkers, L., and others (2019). Global change drives modern plankton communities away from the pre-industrial state. *Nature*, 570, pp. 372–375. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1230-3>.
- Mendelsohn, Robert, and others (2012). The impact of climate change on global tropical cyclone damage. *Nature Climate Change*, vol. 2, No. 3, p. 205.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2019). Sea Level Rise Viewer. 2019. <https://coast.noaa.gov/digitalcoast/tools/slr.html>.

- Sengupta, Dhritiraj, and others (2018). Building beyond land: An overview of coastal land reclamation in 16 global megacities. *Applied Geography*, vol. 90, pp. 229–238.
- Takagi, Hiroshi, and others (2016). Projection of coastal floods in 2050 Jakarta. *Urban Climate*, vol. 17, pp. 135–145.
- Temmerman, Stijn, and others (2013). Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. *Nature*, vol. 504 (7478), pp. 79–83.
- Vitousek, Sean, and others (2017). Doubling of coastal flooding frequency within decades due to sea-level rise. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, art. 1399.

Нагрузки, обусловленные изменениями температуры

- Barange, M., and others (2018). Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 627. Rome, FAO.
- Blanchard, Julia L., and others (2017). Linked sustainability challenges and trade-offs among fisheries, aquaculture and agriculture. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 1, No. 9, p. 1240.
- Boyd, P.W., and others (2016). Physiological responses of a Southern Ocean diatom to complex future ocean conditions. *Nature Climate Change*, vol. 6, No. 2, p. 207.
- Cochard, Roland, and others (2008). The 2004 tsunami in Aceh and Southern Thailand: a review on coastal ecosystems, wave hazards and vulnerability. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, vol. 10, No. 1, pp. 3–40.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2018). *Deep Ocean Stewardship Initiative. Deep-Ocean Climate Change Impacts on Habitat, Fish and Fisheries*. Technical Paper 638. Rome.
- Fu, Weiwei, and others (2016). Climate change impacts on net primary production (NPP) and export production (EP) regulated by increasing stratification and phytoplankton community structure in the CMIP5 models. *Biogeosciences*, vol. 13, No. 18, pp. 5151–70. <https://doi.org/10.5194/bg-13-5151-2016>.
- Golden, Christopher D., and others (2016). Nutrition: Fall in fish catch threatens human health. *Nature News*, vol. 534, No. 7607, p. 317.
- Hilmi, Nathalie, and others (2014). Exposure of Mediterranean countries to ocean acidification. *Water*, vol. 6, No. 6, pp. 1719–1744.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018) = Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) (2018 год). *Глобальное потепление на 1,5 °C*. Специальный доклад МГЭИК о последствиях глобального потепления на 1,5 °C выше доиндустриальных уровней и о соответствующих траекториях глобальных выбросов парниковых газов в контексте укрепления глобального реагирования на угрозу изменения климата, а также устойчивого развития и усилий по искоренению нищеты; редактор Валери Массон-Дельмотт и другие.
- Pendleton, Linwood H., and others (2016). Has the value of global marine and coastal ecosystem services changed? *Marine Policy*, vol. 64, pp. 156–158.
- Semenza, Jan C., and others (2017). Environmental suitability of *Vibrio* infections in a warming climate: an early warning system. *Environmental Health Perspectives*, vol. 125, No. 10, art. 107004.
- Sweetman, Andrew K., and others (2017). Major impacts of climate change on deep-sea benthic ecosystems. *Elementa: Science of the Anthropocene*, vol. 5, No. 4.
- Worm, Boris, and others (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, vol. 314, No. 5800, pp. 787–790.
- Yool, Andrew, and others (2017). Big in the benthos: Future change of seafloor community biomass in a global, body size-resolved model. *Global Change Biology*, vol. 23, No. 9, pp. 3554–3566.

Нагрузки, обусловленные изменениями химического состава океана

- Agostini, Sylvain, and others (2018). Ocean acidification drives community shifts towards simplified non-calci-fied habitats in a subtropical- temperate transition zone. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 11354.
- Albright, Rebecca, and others (2018). Carbon dioxide addition to coral reef waters suppresses net community calcification. *Nature*, vol. 555, No. 7697, p. 516.
- Battaglia, Gianna, and Fortunat Joos (2018). Marine N₂O emissions from nitrification and denitrification constrained by modern observations and projected in multimillennial global warming simulations. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 32, No. 1, pp. 92–121.
- Breitburg, Denise L., and others (2009). Hypoxia, nitrogen, and fisheries: integrating effects across local and global landscapes. *Annual Review of Marine Science*, vol. 1, pp. 329–349.
- Breitburg, Denise L., and others (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*, vol. 359, No.6371, eaam7240.
- Breitburg, Denise L., and others (2019). Multiple stressors – forces that combine to worsen deoxygenation and its effects. In *Ocean Deoxygenation: Everyone’s Problem Causes, Impacts, Consequences and Solutions*. Löffely, D., and Baxter, J. eds. IUCN, pp. 225–247.
- Brodie, Juliet, and others (2014). The future of the northeast Atlantic benthic flora in a high CO₂ world. *Ecology and Evolution*, vol. 4, No. 13, pp. 2787–2798.
- Buitenhuis, Erik T., and others (2018). Constraints on global oceanic emissions of N₂O from observations and models. *Biogeosciences*, vol. 15, No. 7, pp. 2161–2175.
- Cayabyab, R.R., and others (2002). *Histamine Fish Poisoning Following Massive Fishkill in Bolinao, Pangasinan, February 2002*. Regional Epidemiology and Surveillance Unit I Report 3. Philippines: Department of Health.
- Connell, Sean D., and others (2018). The duality of ocean acidification as a resource and a stressor. *Ecology*, vol. 99, No. 5, pp. 1005–1010.
- Cooley, Sarah R., and others (2016). Community-level actions that can address ocean acidification. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 128.
- Cornwall, Christopher E., and others (2017). Inorganic carbon physiology underpins macroalgal responses to elevated CO₂. *Scientific Reports*, vol. 7, art. 46297.
- Craig, J. Kevin (2012). Aggregation on the edge: effects of hypoxia avoidance on the spatial distribution of brown shrimp and demersal fishes in the Northern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 445, pp. 75–95.
- Dam, Hans G., and Hannes Baumann (2017). Climate change, zooplankton and fisheries. *Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: A Global Analysis*, vol. 2, pp. 851–874.
- Deutsch, Curtis, and others (2015). Climate change tightens a metabolic constraint on marine habitats. *Science*, vol. 348, No. 6239, pp. 1132–1135.
- Diaz, Robert J., and Rutger Rosenberg (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, vol. 321, No. 5891, pp. 926–929.
- Ekstrom, Julia A., and others (2015). Vulnerability and adaptation of US shellfisheries to ocean acidification. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 3, p. 207.
- Enochs, I.C., and others (2015). Shift from coral to macroalgae dominance on a volcanically acidified reef. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 12, p. 1083.
- Foo, Shawna Andrea, and others (2018). The carbon dioxide vents of Ischia, Italy, a natural system to assess impacts of ocean acidification on marine ecosystems: an overview of research and comparisons with other vent systems. In *Oceanography and Marine Biology*, pp. 237–310. CRC Press.

- Froehlich, Halley E., and others (2017). When does hypoxia affect management performance of a fishery? A management strategy evaluation of Dungeness crab (*Metacarcinus magister*) fisheries in Hood Canal, Washington, United States. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 74, No. 6, pp. 922–932.
- Gallo, Natalya D., and others (2019). Home sweet suboxic home: remarkable hypoxia tolerance in two demersal fish species in the Gulf of California. *Ecology*, vol. 100, No. 3, e02539.
- Gallo, N.D., and L.A. Levin (2016). Fish ecology and evolution in the world's oxygen minimum zones and implications of ocean deoxygenation. In *Advances in Marine Biology*, vol. 74, pp. 117–198. Elsevier.
- Global Ocean Acidification Observing Network (GOA-ON) (2019). *Global Ocean Acidification Observing Network (GOA-ON) Implementation Strategy*. www.goa-on.org.
- Gómez, Carlos E., and others (2018). Growth and feeding of deep-sea coral *Lophelia pertusa* from the California margin under simulated ocean acidification conditions. *PeerJ*, vol. 6, e5671.
- Hall-Spencer, Jason M., and Ben P. Harvey (2019). Ocean acidification impacts on coastal ecosystem services due to habitat degradation. *Emerging Topics in Life Sciences*, vol. 3, No. 2, pp. 197–206.
- Hall-Spencer, Jason M., and Ro Allen (2015). The impact of CO₂ emissions on “nuisance” marine species. *Research and Reports in Biodiversity Studies*, vol. 4, pp. 33–46.
- Hernroth, Bodil E., and Susanne P. Baden (2018). Alteration of host-pathogen interactions in the wake of climate change – Increasing risk for shellfish associated infections? *Environmental Research*, vol. 61, pp. 425–438.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019) = Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) (2019 год). Специальный доклад МГЭИК *Океан и криосфера в условиях изменяющегося климата*.
- Keister, Julie E., and Loren B. Tuttle (2013). Effects of bottom-layer hypoxia on spatial distributions and community structure of mesozooplankton in a sub-estuary of Puget Sound, Washington, U.S.A. *Limnology and Oceanography*, vol. 58, No. 2, pp. 667–80. <https://doi.org/10.4319/lo.2013.58.2.0667>.
- Koslow, J. Anthony, and others (2011). Impact of declining intermediate-water oxygen on deepwater fishes in the California Current. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 436, pp. 207–218.
- Koslow, J. Anthony, and others (2018). The evolving response of mesopelagic fishes to declining midwater oxygen concentrations in the southern and central California Current. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 76, No. 3, pp. 626–638.
- Lam, Vicky W.Y., and others (2019). Dealing with the effects of ocean acidification on coral reefs in the Indian Ocean and Asia. *Regional Studies in Marine Science*, vol. 28, 100560.
- Linares, Cristina, and others (2015). Persistent natural acidification drives major distribution shifts in marine benthic ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 282, No. 1818, 20150587.
- McCormick, Lillian R., and Lisa A. Levin (2017). Physiological and ecological implications of ocean deoxygenation for vision in marine organisms. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 375, No. 2102, 20160322.
- Munday, Philip L. (2017). New perspectives in ocean acidification research: editor's introduction to the special feature on ocean acidification. *Biology Letters*, vol. 13.
- Pauly, Daniel, and William W.L. Cheung (2018). Sound physiological knowledge and principles in modeling shrinking of fishes under climate change. *Global Change Biology*, vol. 24, No. 1, pp. e15–e26.
- Pineda, Jesús, and others (2016). A crab swarm at an ecological hotspot: patchiness and population density from AUV observations at a coastal, tropical seamount. *PeerJ*, vol. 4, e1770.
- Pörtner, Hans-O. (2012). Integrating climate-related stressor effects on marine organisms: unifying principles linking molecule to ecosystem-level changes. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 470, pp. 273–290.

- Purcell, Kevin M., and others (2017). Fleet behavior is responsive to a large-scale environmental disturbance: Hypoxia effects on the spatial dynamics of the northern Gulf of Mexico shrimp fishery. *PLoS One*, vol. 12, No. 8, e0183032.
- Rice, Michael A. (2014). Extension programming in support of public policy for the management of aquaculture in common water bodies. *Aquacultura Indonesiana*, vol. 15, No. 1.
- Riebesell, Ulf, and Jean-Pierre Gattuso (2015). Lessons learned from ocean acidification research. *Nature Climate Change*, vol. 5, No. 1, p. 12.
- Rose, Kenneth A., and others (2018). Modeling the population effects of hypoxia on Atlantic croaker (*Micropogonias undulatus*) in the northwestern Gulf of Mexico: part 2—realistic hypoxia and eutrophication. *Estuaries and Coasts*, vol. 41, No. 1, pp. 255–279. <https://doi.org/10.1007/s12237-017-0267-5>.
- Russell, Bayden D., and others (2013). Future seagrass beds: Can increased productivity lead to increased carbon storage? *Marine Pollution Bulletin*, vol. 73, No. 2, pp. 463–469.
- Sato, Kirk N., and others (2017). Habitat compression and expansion of sea urchins in response to changing climate conditions on the California continental shelf and slope (1994–2013). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 137, pp. 377–389.
- Schmidtko, Sunke, and others (2017). Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature*, vol. 542, No. 7641, p. 335.
- Sokolova, Inna M. (2013). Energy-limited tolerance to stress as a conceptual framework to integrate the effects of multiple stressors. *Integrative and Comparative Biology*, vol. 53, No. 4, pp. 597–608.
- Sperling, Erik A., and others (2016). Biodiversity response to natural gradients of multiple stressors on continental margins. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 283, No. 1829, 20160637.
- Stramma, Lothar, and others (2012). Expansion of oxygen minimum zones may reduce available habitat for tropical pelagic fishes. *Nature Climate Change*, vol. 2, No. 1, p. 33.
- Sunday, Jennifer M., and others (2017). Ocean acidification can mediate biodiversity shifts by changing biogenic habitat. *Nature Climate Change*, vol. 7, No. 1, p. 81.
- Teixidó, Nuria, and others (2018). Functional biodiversity loss along natural CO₂ gradients. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, art. 5149.
- Thomas, Peter, and others (2015). Impaired gamete production and viability in Atlantic croaker collected throughout the 20,000 km² hypoxic region in the northern Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 101, No. 1, pp. 182–192.
- Thomas, Y., and others (2019). Effects of hypoxia on metabolic functions in marine organisms: Observed patterns and modelling assumptions within the context of Dynamic Energy Budget (DEB) theory. *Journal of Sea Research*, vol. 143, pp. 231–242.
- Vizzini, S., and others (2017). Ocean acidification as a driver of community simplification via the collapse of higher-order and rise of lower-order consumers. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, art. 4018.
- Wishner, Karen F., and others (2018). Ocean deoxygenation and zooplankton: Very small oxygen differences matter. *Science Advances*, vol. 4, No. 12, eaau5180.
- Wright, Jody J., and others (2012). Microbial ecology of expanding oxygen minimum zones. *Nature Reviews Microbiology*, vol. 10, No. 6, p. 381.

Глава 10

Изменения

в проникновении

нутриентов

в морскую среду

Участники: Томас Малоун (координатор), Арчис Амбулкар, Мария Жуан Бебианно (соведущий участник), Пола Бонтемпи, Ван Цзюйин (ведущий участник), Инь Кэ Дун, Майкл Кром, Харри Куоса, Джозеф Монтойя, Элис Ньютон, Япо Оссей, Жуан Саркис Юнис, Георгиос Силайос, Уокер Смит и Ларс Сонестен.

Ключевые тезисы

- В течение двадцатого столетия количество азота (N) и фосфора (P), проникающего в прибрежные экосистемы через речной сток и осаднения из атмосферы, быстро увеличивалось в результате антропогенного привнесения этих элементов главным образом в связи с использованием синтетических удобрений, сжиганием ископаемого топлива, выращиванием бобовых (фиксация N₂), образованием навоза от домашнего скота и сбросом городских отходов.
- Увеличение количества нутриентов, поступающих из антропогенных источников, влечет за собой активное расширение прибрежных районов океана, подвергающихся антропогенной эвтрофикации, во всем мире, и в настоящее время это количество превышает количество нутриентов, поступающих из природных источников.
- К видам реакции экологии на процесс антропогенной эвтрофикации относятся повышение степени и увеличение масштабов гипоксии в прибрежных районах, а также закисления и цветения токсичных водорослей. В связи с этим антропогенная эвтрофикация представляет собой одну из серьезных угроз для здоровья прибрежных экосистем и их способности предоставлять услуги, имеющие ценность для общества.
- Прогнозируется, что в первой половине XXI века количество N и P, поступающее из антропогенных источников, увеличится почти в два раза.
- С целью сведения к минимуму масштабов и риска эвтрофикации прибрежных районов одной из приоритетных задач мирового сообщества в течение XXI века должно стать сокращение количества N и P, поступающего в прибрежные районы океана из антропогенных источников.

1. Введение

В XXI веке основной причиной антропогенной эвтрофикации¹ и последующей деградации экосистем прибрежных районов океана во всем мире стало увеличение количества N и P, поступающего в прибрежные экосистемы из антропогенных источников через речной сток (Rabalais and others, 2009a, 2009b; Paerl and others, 2014; Veusen and others, 2016; Ngatia and others, 2019), что представляет собой тенденцию, которая, вероятно, является наиболее распространенной антропогенной угрозой здоровью прибрежных экосистем (Rabalais and others, 2009b; IPCC, 2014).

Никсон (Nixon, 1995) определил эвтрофикацию как повышение темпов поступления органического вещества в экосистему и отметил, что увеличение количества органического вещества, поступающего в прибрежные экосистемы, име-

ет целый ряд причин, наиболее распространенной из которых является избыточное поступление биологически активного, неорганического N и P. Так как чистая первичная продукция фитопланктона в большинстве прибрежных экосистем ограничивается в основном количеством содержащегося в них N (Howarth and Marino, 2006; Elser and others, 2007), биомасса фитопланктона в прибрежной зоне океана увеличивается соответствующим образом (Howarth and others, 2011). В сочетании с дополнительным количеством органических веществ антропогенного происхождения, поступающих из наземных источников, возникающее в результате накопление органического вещества приводит к антропогенной эвтрофикации многих прибрежных экосистем во всем мире (см. рисунок ниже), что является процессом, который, возможно, представляет собой наиболее серьезную угрозу для предо-

¹ Эвтрофикация, являющаяся результатом поступлений из антропогенных источников нутриентов и органического вещества, которые приводят к нежелательным изменениям состояния экосистем (Smith and others, 2006; Rabalais and others, 2009a, 2009b).

ставления морскими экосистемами услуг, имеющих ценность для общества, например, услуг по обеспечению биоразнообразия, производству кислорода, смягчению последствий прибрежных наводнений, обеспечению рыболовства и секвестрации содержащегося в атмосфере CO_2 (Howarth and others, 2000; Bachmann and others, 2006; Martínez and others, 2007; Costanza and others, 2017).

Основное внимание в данной главе уделяется поступлениям в прибрежные районы океана биологически активного фиксированного N (такого как растворенные нитраты, нитриты, аммоний, мочевина и свободные аминокислоты) и P (PO_4^{-3} , такого как ортофосфаты, полифосфаты и органически связанные фосфаты), поступающих из антропогенных источников, как это определе-

но глобальной сетью крупных морских экосистем². В этом контексте целями настоящей главы являются: а) документирование изменений в проникновении N и P, поступающих из антропогенных источников, в отдельные прибрежные морские экосистемы, б) оценка воздействия антропогенной эвтрофикации на эти экосистемы, в) прогнозирование того, как эти изменения, вероятно, повлияют на способность прибрежной экосистемы предоставлять экосистемные услуги в течение XXI века в контексте глобального изменения климата, а также д) выявление пробелов в имеющихся знаниях.

Представленная здесь информация относится к ряду глав настоящей «Оценки» (главы 4–9, 11–15, 22 и 28). Особенно актуальны Глава 5 (тенденции, характеризующие физическое и химическое со-

Глобальное распределение эвтрофных прибрежных морских экосистем



Источник: Breitburg and others, 2018.

Примечание. Согласно результатам недавно проведенных обследований прибрежных районов Соединенных Штатов и Европы, признаки эвтрофикации проявляются на целых 78 процентах подлежащей оценке континентальной прибрежной зоны Соединенных Штатов и примерно на 65 процентах атлантического побережья Европы.

² Глобальная сеть крупных морских экосистем включает в себя прибрежные водоразделы и прибрежные районы океана (эстуарии и открытые воды континентального шельфа (URL: www.lmehub.net). Размеры крупных морских экосистем варьируются от приблизительно 200 000 км² до более 1 000 000 км², а сами экосистемы охватывают прибрежные районы океана, где показатели первичной продуктивности, как правило, выше, чем в открытом океане.

стояние океана) и Глава 6А (планктонное разнообразие). Первая тема рассматривается в данной главе в той мере, в какой изменения в проникновении нутриентов и эвтрофикации являются взаимосвязанными тенденциями с точки зрения физических и химических условий окружающей

среды (акцент сделан на сдвиги, обусловленные изменением климата). Вторая тема рассматривается в той мере, в какой изменения в планктонном разнообразии имеют отношение к проблеме эвтрофикации прибрежных районов.

2. Ситуация, о которой сообщается в первой «Оценке состояния Мирового океана»

В главе 20 первой «Оценки состояния Мирового океана» (United Nations, 2017) рассматриваются загрязняющие вещества, проникающие из наземных источников через прибрежные зоны, реки и воздушные потоки, причём основной акцент сделан на опасных веществах, эндокринных деструкторах, нутриентах и переносимых водой патогенах, а также радиоактивных веществах. Наиболее актуальными для данной главы являются те аспекты, которые связаны с поступлением нутриентов, проникающих в океан в целом и в прибрежные экосистемы в частности из антропогенных источников. В дополнение к глобальному обзору, кратко изложенному ниже, в главу 20 первой «Оценки» было включено резюме проникающих в различные регионы Мирового океана нутриентов и их воздействия на состояние в этих регионах (Северный Ледовитый океан и районы Атлантического, Индийского и Тихого океанов).

Основными источниками нутриентов, поступающих из антропогенных источников, являются городские сточные воды, удобрения, используемые в сельском хозяйстве, сжигаемое ископаемое топливо и ряд секторов пищевой промышленности. Пути попадания веществ в океан из этих наземных источников включают речной сток и атмосферные осаднения. Одной из проблем в развивающихся странах остаётся контроль за нутриентами, проникающими из городских отходов. Что касается сельского хозяйства, то в последние десятилетия масштабы использования удобрений быстро росли, в результате чего в период с 2002 по 2012 год количество удобрений во всем мире увеличилось на 42 процента. Вместе с тем количество удобрений, использованных в Латинской Америке, Южной Азии, Восточной

Азии и Океании за тот же период, увеличилось более чем в два раза. Кроме того, увеличилось и количество азота, осаждающегося из атмосферы в результате сжигания ископаемого топлива. В северо-западной Европе на эти источники приходится более 25 процентов выбросов азота в атмосферу. Конкретные последствия избыточного проникновения нутриентов зависят от условий окружающей среды на местах, в том числе от скорости промывания полузакрытых водоемов течениями и степени плотности слоев при стратификации водной толщи.

Нутриенты, проникающие из наземных источников, сами по себе вредными не являются, но могут вызывать проблемы при избыточном поступлении. Проникновение N и P антропогенного происхождения, количество которых за последнее столетие более чем удвоилось, влечет за собой последствия для здоровья морских экосистем во всем мире. Увеличение количества проникающих элементов стимулирует рост фитопланктона, что приводит к избытку чистой первичной продукции, что часто влечет за собой накопление биомассы фитопланктона и эвтрофикацию. Это ведет к развитию кислородно обедненных «мертвых зон», потере растительного слоя морского дна и росту числа случаев цветения с участием токсичного фитопланктона. С 1960-х годов показатели глобального распространения в прибрежных водах кислородно обедненных («мертвых») зон увеличиваются в геометрической прогрессии, и сейчас эти зоны наблюдаются более чем в 400 системах, а их общая площадь по всему миру составляет около 245 000 км².

3. Характерные особенности и тенденции глобального масштаба

3.1. Проникновение из антропогенных источников биологически активного азота и фосфора

3.1.1. Источники

В течение XX века в результате ведения антропогенной деятельности количество проникающего биологически активного N и P во всем мире увеличилась вдвое (Beusen and others, 2016; Seitzinger and Mayorga, 2016). Более половины³ новых случаев проникновения в большинство прибрежных экосистем (73 процента крупных морских экосистем) N и P приходится на антропогенные источники, причем количество этих веществ на данный момент, по оценкам, составляет $210\text{--}223 \times 10^9$ кг N в год (Lee and others, 2016) и около 34×10^9 кг P в год (Harrison and others, 2005). Проникновение этих нутриентов в крупные морские экосистемы происходит в результате использования разных видов сельскохозяйственной практики⁴, сжигания ископаемого топлива и сброса городских отходов (Galloway and others, 2004; Howarth, 2008) следующим образом:

a) единственным крупнейшим источником N и P антропогенного происхождения являются синтетические удобрения⁵ (Vitousek and others, 1997; Mosier and others, 2004). Количество синтетических удобрений, используемых в сельском хозяйстве, увеличивалось в геометрической прогрессии с почти нулевого уровня в 1910 году до приблизительно 118×10^9 кг N в год и $17,5 \times 10^9$ кг P в год в 2013 году (Peñuelas and others, 2013; Lu and Tian, 2017). Районы активного использования удобрений, большинство которых в 1960-х годах приходилось на Соединенные Штаты Америки и Западную Европу, сместились в начале XXI века в Восточную Азию. В 2013 году на долю Восточной Азии, Южной Азии и Юго-Восточной Азии приходился

71 процент мирового потребления удобрений, в то время как на долю Северной Америки — 11 процентов, Европы — 7 процентов и Южной Америки — 6 процентов (Lu and Tian, 2017). Из общего количества поступлений N 10×10^9 кг N в год, по оценкам, выделяется в атмосферу в результате испарения аммиака с сельскохозяйственных полей (Vitousek and others, 1997; Bouwman and others, 2013);

- b) сжигание ископаемого топлива приводит к высвобождению фиксированного N, находящегося на протяжении долгого времени в геологических формациях, обратно в атмосферу в виде оксидов азота (NO_x). Всего в результате выбросов от электростанций, работающих на угле и нефти, автомобилей и других процессов сгорания выделяются порядка 40×10^9 кг N в год (Peñuelas and others, 2013). Глобальное распределение выбросов NO_x неравномерно: на Азию, Европу, Северную Америку и страны Африки к югу от Сахары приходится 30, 20, 17 и, соответственно, 12 процентов выбросов (Lamsal and others, 2011);
- c) поскольку большие площади, покрытые естественной растительностью, сменились территориями, на которых выращиваются исключительно бобовые, поддерживающие жизнедеятельность симбиотических азотфиксирующих бактерий, количество проникающих в прибрежные водоразделы нутриентов антропогенного происхождения, поступающих в результате биологической фиксации N_2 , составляет, по оценкам, 33×10^9 кг в год (Boyer and Howarth, 2008);
- d) за последнее столетие количество производимого домашним скотом навоза стремительно возросло. На данный момент количество проникающего N и P составляет, согласно оценкам, приблизительно 18×10^9 кг N в год и

³ Новые случаи проникновения N — это те, в которых азот поступает в экосистемы извне и которые отличаются от случаев, в которых азот восстанавливается в самой экосистеме по мере разложения органического вещества.

⁴ К видам сельскохозяйственной практики относятся использование синтетических удобрений, животноводство и выращивание бобовых (биологическая фиксация N_2).

⁵ К синтетическим удобрениям относятся нитрат аммония, фосфат аммония, суперфосфат и мочевины.

приблизительно $2,5 \times 10^9$ кг Р в год, причем места наиболее активного проникновения находятся в Западной Европе, юго-восточной части Австралии, северо-восточной части Китая и Индии (Peñuelas and others, 2013; Zhang and others, 2017);

- е) во всем мире 80 процентов городских сточных вод, сбрасываемых в окружающую среду, не проходят никакой очистки (World Water Assessment Programme (WWAP), 2017). Таким образом, наиболее распространенным городским источником загрязнения нутриентами являются сбрасываемые людьми сточные воды, через которые, по оценкам, в 2018 году в окружающую среду попало около 9×10^9 кг N в год и около $1,4 \times 10^9$ кг Р в год (экстраполировано из Van Drecht and others, 2009). Доля очищенных⁶ сточных вод варьируется в зависимости от региона и составляет 90 процентов в Северной Америке, 66 процентов в Европе, 35 процентов в Азии, 14 процентов в Латинской Америке и странах Карибского бассейна и менее 1 процента в Африке (Selman and others, 2010).

Объем выбросов, подвергаемых рассеиванию, из неточечных источников (подпункты а–d выше; 218×10^9 кг N в год) значительно превышает объем сбросов сточных вод, поступающих из точечных источников (подпункт е) выше; около 9×10^9 кг N в год), и такие выбросы труднее поддаются регулированию. В конечном счете подавляющая часть этих веществ переносится в прибрежные районы океана через речной сток и атмосферные осадки (Howarth, 2008; Spokes and Jickells, 2005; Jickells and others, 2017⁷). Оба пути переноса являются основными путями поступления N, в то время как количество осаждаемого из атмосферы активного Р пренебрежимо мало по сравнению с количеством Р, переносимым водотоками. Таким образом, обусловленное изменением климата ускорение глобального круговорота воды и связанное с этим увеличение

масштабов и повышение частотности основных дождевых явлений (Sinha and others, 2017) приведут к активизации поступлений питательных веществ из неточечных источников (например, из сельского хозяйства) в прибрежные воды (Howarth and others, 2012). В этом контексте следует отметить, что сокращение азотной и фосфорной нагрузки произошло главным образом за счет усовершенствованной очистки сточных вод в развитых странах, в то время как усилия по уменьшению количества поступления этих веществ из неточечных источников, характерных для сельского хозяйства, в большинстве случаев оказались менее эффективными (Boesch, 2019).

3.1.2. Перенос нутриентов антропогенного происхождения в прибрежные районы океана

Поступления веществ антропогенного происхождения в прибрежные районы океана через речной сток являются результатом поступления веществ из антропогенных источников в прибрежные водоразделы, влажных осадков в пределах водоразделов и речных переносов из водоразделов (Howarth and others, 1996; Green and others, 2004). В глобальном масштабе между чистым количеством поступлений N антропогенного происхождения в прибрежные водоразделы и общим количеством N, переносимого реками в прибрежные районы океана, существует значительная линейная корреляция (Boyer and Howarth, 2008). В течение XX века общее количество N и Р, переносимое водотоками в прибрежные районы океана, увеличилось с около 27×10^9 кг N в год до около 48×10^9 кг N в год и с около 2×10^9 кг Р в год до около 4×10^9 кг Р в год (Galloway and others, 2004; Beusen and others, 2016). Бойер и Ховарт (Boyer and Howarth (2008) оценили количество N, переносимого водотоками в океан, следующим образом: Атлантический океан (главным образом из восточной части Северной Америки и западной Европы) $15\text{--}25 \times 10^9$ кг N в год; Тихий оке-

⁶ Первичная, вторичная или третичная обработка.

⁷ Приблизительно 2,4 процента поступающих в прибрежную зону океана нутриентов во всем мире приходится на выходящие на поверхность грунтовые воды (Luijendijk and others, 2020), причем в большинстве рассматриваемых в данной главе крупных морских экосистем эти процессы не задокументированы. Объем поступлений из аквакультуры также небольшой, и, по оценкам, количество нутриентов, ежегодно попадающих в прибрежные районы океана в связи с аквакультурой рыб, составляет около 1 процента от количества нутриентов, попадающих из антропогенных источников, во всем мире (Hargrave, 2005). В связи с этим в данной главе такие пути переноса нутриентов не рассматриваются.

ан (в основном из Восточной Азии) $10\text{--}14 \times 10^9$ кг N в год; Индийский океан $7\text{--}8 \times 10^9$ кг N в год и Северный Ледовитый океан $2\text{--}4 \times 10^9$ кг N в год.

Соединения N в атмосфере образуются как в результате сельскохозяйственной деятельности (испарение аммиака), так и в результате сжигания ископаемого топлива (выброс NO_x). В отличие от речных наносов нутриентов поступления N через атмосферные осадения сопровождаются антропогенными притоками и выбросами из прибрежных атмосферных разделов (площадь которых, как правило, намного превышает площадь водоразделов), атмосферным переносом из атмосферных разделов и влажными осадками, выпадающими непосредственно над прибрежными районами океана (Valigura and others, 2001). Что касается N, поступающего через реки, то в XX веке количество N, осаждающегося в Мировой океан из атмосферы, быстро возросло с доиндустриального уровня, составлявшего около 22×10^9 кг N в год, до нынешнего уровня, составляющего более 45×10^9 кг N в год (Dentener and others, 2006; Duce and others, 2008). Из них в настоящее время атмосферные осадения в прибрежных районах океана, по оценкам, составляют порядка 8×10^9 кг N в год (Seitzinger and others, 2010; Ngatia and others, 2019). Относительная важность атмосферных осадений в качестве одного из новых источников поступления N зависит от конкретной прибрежной экосистемы и варьируется от 2–5 процентов в экосистемах с большим объемом поступления N из рек (например, в северной части Мексиканского залива, на континентальном шельфе Бразилии) до целых 40 процентов в экосистемах с относительно небольшим объемом поступления N из рек (например, в Кильской бухте в Балтийском море и заливе Памлико в штате Северная Каролина, Соединенные Штаты) (Paerl and others, 2002). Во всем мире на атмосферные осадения N приходится около 4 процентов от количества N антропогенного происхождения, поступающего в прибрежные районы океана.

3.2. Задокументированное воздействие нутриентов, поступающих из антропогенных источников

3.2.1. Кислородное обеднение и закисление

Число прибрежных экосистем, испытывающих гипоксию [содержание растворенного кислорода (O_2) ≤ 2 мг/л или 63 миллимоля (ммоль/л)], увеличилось в период с 1950 по 2015 года с около 50 до более 500 в результате увеличения нагрузки нутриентов антропогенного происхождения и потепления океана (Diaz and Rosenberg, 2008; Kemp and others, 2009; Breitburg and others, 2018). По дополнительным данным, в 2019 году число таких экосистем было на самом деле еще выше и составляло около 700 (Diaz and others, 2019). Распространение гипоксии в прибрежных водах не только приводит к потере насыщенных кислородом мест обитания аэробных организмов, но и ставит под угрозу выживание коралловых рифов (Fabricius, 2011; Altieri and others, 2019). Кроме того, глобальное распространение гипоксии влечет за собой усиление закисления океана, поскольку увеличение биологической потребности в кислороде приводит к образованию CO_2 — одного из побочных продуктов аэробного дыхания (Wallace and others, 2014).

3.2.2. Цветение токсичных водорослей

Выделение токсинов может привести к массовой гибели рыбы и моллюсков и ракообразных и причинить вред здоровью людей, которые потребляют зараженную рыбу и моллюсков и ракообразных или подвергаются воздействию токсинов в результате прямого контакта (Glibert and others, 2005). Во всем мире за последнее десятилетие в прибрежных водах наблюдалось больше явлений цветения токсичных водорослей, чем в предыдущие десятилетия (Heisler and others, 2008), что в основном стало результатом поступления нутриентов антропогенного происхождения и изменения соотношения N:P (Glibert and Bouwman, 2012; Glibert and others, 2018), привнесения нетуземных токсичных видов, закисления океана (Riebesell and others, 2018) и повышения температуры воды, а также вертикальной стратификации верхних слоев океана⁸ (Glibert and others, 2014).

⁸ Верхние 1000 м водной толщи.

3.2.3. Утрата важнейших биологически структурированных местообитаний

Коралловые рифы и луга морских трав являются неотъемлемыми элементами при оказании экосистемами широкого спектра услуг, включая защиту побережья, борьбу с эрозией, сохранение биоразнообразия и поддержание рыболовства (Barbier and others, 2011). В то же время тепловодным коралловым рифам и лугам морских трав угрожают многочисленные антропогенные факторы (например, потепление и закисление океана, эвтрофикация, перелов рыбы и разрушительные методы ведения рыбного промысла). Потепление океана уже на протяжении более трех десятилетий сказывается на коралловых рифах, вызывая их обесцвечивание и гибель из-за повышения температуры воды (Heron

and others, 2017), а риск обесцвечивания во всем мире увеличивается на 4 процента в год, причем в 1980-е годы обесцвечиванию подвергались 8 процентов рифов в год, в то время как в 2016 году – 31 процент рифов (Hughes and others 2018), и ожидается, что в связи с эвтрофикацией прибрежных районов эта тенденция будет лишь укореняться (Wear and Thurber, 2015). Имеются подтверждения того, что эвтрофикация и повышение температуры воды отрицательно влияют на пространственную протяженность зарослей морских трав (Waycott and others, 2009; Mvungi and Pillay, 2019). Так, с начала XX века площадь лугов морских трав сократилась примерно на 29 процентов, причем темпы ежегодного сокращения составляют примерно 1,5 процента (Fourqurean and others, 2012).

4. Характерные особенности и тенденции внутри регионов

Как в развитых, так и в развивающихся странах очагами нагрузки нутриентов антропогенного происхождения являются многие крупные морские экосистемы. Чтобы сформировать региональную и глобальную точки зрения на изменение количества поступающих в прибрежные системы нутриентов во всем мире, международная рабочая группа разработала глобальную модель водораздела, в которой деятельность человека и естественные процессы в водоразделах увязываются с поступлением нутриентов в прибрежные системы по всему миру (Seitzinger and others, 2005; Lee and others, 2016). С учетом доли растворенного неорганического N антропогенного происхождения в суммарном количестве поступлений растворенного неорганического N антропогенного происхождения в крупных морских экосистемах (Lee and others, 2016) в представленной ниже таблице приводятся девять крупных морских экосистем, которые различаются по площади и количеству поступающего растворенного неорганического N антропогенного происхождения.

4.1. Северное море (крупная морская экосистема 22; 690 000 км²)

Северное море включает два субрегиона: а) мелководные эвтрофные прибрежные воды вдоль юго-восточной границы моря и б) более глубо-

Площадь поверхности и количество поступающего азота антропогенного происхождения в девяти экосистемах, рассматриваемых ниже

Экосистема	Район (км ²)	Нагрузка N (кг/год)
Балтийское море	0,4 x 10 ⁶	0,6 x 10 ⁹
Бенгальский залив	3,7 x 10 ⁶	7,1 x 10 ⁹
Бразильский шельф	1,0 x 10 ⁶	1,0 x 10 ⁹
Гвинейское течение	2,0 x 10 ⁶	1,0 x 10 ⁹
Мексиканский залив	1,5 x 10 ⁶	1,3 x 10 ⁹
Большой Барьерный риф	1,3 x 10 ⁶	0,1 x 10 ⁹
Восточно-Китайское море	1,0 x 10 ⁶	2,0 x 10 ⁹
Северное море	0,7 x 10 ⁶	4,8 x 10 ⁹
Южно-Китайское море	5,7 x 10 ⁶	0,7 x 10 ⁹

кие олиготрофные воды открытого моря. Хотя за последние 50 лет количество поступающих в олиготрофные воды нутриентов практически не изменилось, в прибрежных водах в период 1950–1990 годов наблюдалось увеличение азотной нагрузки примерно с 2,9 до 4,8 x 10⁹ кг N в

год, причем фосфорная нагрузка за тот же период увеличилась с 0,44 до $0,64 \times 10^9$ кг P в год (Vermaat and others, 2008). Наибольшее количество нутриентов антропогенного происхождения, 75 процентов которых попадает в прибрежные воды юго-восточной части Северного моря через реки Рейн и Эльба, приходится на поступающие в прибрежный субрегион N и P (Radach and Pätsch, 2007; Paramor and others, 2009). Количество попадающих в эти прибрежные воды N и P в течение 1965–1985 годов быстро возрастало, как это видно на примере реки Рейн, в которой содержание N и P увеличилось в пять и, соответственно, в десять раз. В результате в этот период возросли частота и масштабы цветения *Phaeocystis pouchetii*⁹ (Lancelot and others, 1987; Lancelot, 1995). В то время как в некоторых местах наблюдается летняя гипоксия (< 2 мг O_2 /л), она сводится только к районам стратифицированных слоев открытого моря (Greenwood and others, 2010).

В период с 1990 по 2000 год нагрузка P снизилась до уровня 1950-х годов, зарегистрированного до начала процессов эвтрофикации (Vermaat and others, 2008). В настоящее время доля ежегодных поступлений нутриентов антропогенного происхождения в прибрежную зону Северного моря сокращается и меньше доли поступлений из бентоса или открытого моря.

4.2. Балтийское море (крупная морская экосистема 23; 400 000 км²)

Балтийское море представляет собой солоноватое мелководное море (средняя глубина = 55 м, максимальная глубина = 460 м), которому свойственен ограниченный водообмен с Северным морем. В силу своей батиметрической карты и циркуляции эстуарной воды¹⁰ Балтийское море особенно подвержено эвтрофикации. В этой связи в Балтийском море находится крупнейшая в мире антропогенно созданная гипоксическая зо-

на (Carstensen and others, 2014). Изменение здорового состояния, при котором проблем с эвтрофикацией не наблюдалось, в худшую сторону началось в конце 1950-х – начале 1960-х годов.

В период 1995–2015 годов наибольшее количество поступавших в Балтийское море нутриентов приходилось на переносимые реками N и P (Sonesten and others, 2018). В 1995–2002 годах количество поступающих N и P ($650\text{--}900 \times 10^6$ кг N в год и $33\text{--}43 \times 10^6$ кг P в год) в целом превышало их количество в 2003–2015 годах ($500\text{--}775 \times 10^6$ кг N в год и $22\text{--}35 \times 10^6$ кг P в год). В последний из этих периодов естественные фоновые нагрузки N и P составляли около 33 процентов от общей нагрузки (Sonesten and others, 2018). За этот период доля поступлений в результате атмосферных осадений, которая в 1995 году составляла около 300×10^6 кг N в год, также снизилась и в 2011 году составила 210×10^6 кг N в год. Небольшое количество нутриентов, поступающих в 2003–2015 годах, частично объясняется засушливыми периодами, характеризующимися низким уровнем воды в реках (2003, 2014, 2015 годы).

Примерно за тот же период (1993–2016 годы) пространственная протяженность районов сезонной гипоксии-аноксии увеличилась с около $5\,000$ км² (1,3 процента Балтики) до более $60\,000$ км² (> 16 процентов Балтики) (Limburg and Casini, 2018), отчасти из-за повышения мощности сезонного термоклина и галоклина в верхнем слое воды (<100 м) (Liblik and Lips, 2019), а отчасти из-за того, что в течение последних двух десятилетий эпизоды вентиляции глубоких слоев в соответствующих бассейнах были менее частыми и менее продолжительными (Carstensen and others, 2014; Schmale and others, 2016). Сезонная гипоксия не только воздействует на аэробную бентическую жизнь, но и может способствовать более масштабному цветению цианобактерий. Начиная с 1982 года массивные поверхностные скопления азотфиксирующих цианобактерий (в основ-

⁹ *Phaeocystis* может образовывать большое количество пены, что часто влечет за собой последствия для береговых линий и пляжей, а также диметилсульфид – аэрозоль, способствующий образованию облаков и кислотных дождей.

¹⁰ Балтику и ее бассейны отделяет от Северного моря порог глубиной менее 20 м. Циркуляция эстуарной воды (вызванная разностью плотности воды) происходит за счет перемещения поверхностных вод, поступающих в Северное море из Балтики через Датские проливы, и донных вод, поступающих из Северного моря в бассейны Балтики через Датские проливы (Szyczyca and others, 2019).

ном *Nodularia* spp.) в летний сезон приобретают все более масштабный характер, и эта тенденция коррелирует с увеличением пространственной протяженности районов гипоксии и нагрузки Р антропогенного происхождения (Pliński and others, 2007; Funkey and others, 2014). Усиление нисходящего потока разлагающихся в результате таких цветений органических веществ повышает потребность в кислороде и регенерацию Р в донных водах, что приводит к возникновению взаимоусиливающего эффекта между обогащением нутриентами антропогенного происхождения, цветением цианобактерий и кислородным обеднением. Кроме того, некоторые виды цианобактерий вырабатывают токсины, которые отрицательно сказываются на восстановлении и рыболовстве. Таким образом, хотя потепление океана и изменения в характере циркуляции являются важными факторами, регулируемыми степенью гипоксии, для уменьшения воздействия дезоксигенации на экосистемы потребуется дальнейшее уменьшение содержания нутриентов в Балтийском море.

На борьбу с эвтрофикацией в Балтийском море направлены более согласованные усилия и постоянные исследования, чего нельзя сказать ни об одном другом прибрежном регионе мира (Boesch, 2019). С середины 1990-х годов было достигнуто статистически значимое снижение нагрузок N и P антропогенного происхождения (Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM), 2018; Sonesten and others 2018). По сравнению с базисным периодом (1997–2003 годы) количество нормализованных по стоку поступлений переносимых реками N и P уменьшилось на 12 и, соответственно, 25 процентов, а количество нормализованных по осадкам осадений N из атмосферы уменьшилось по сравнению с 1995 годом на 29 процентов. В то время как после введения мер по уменьшению количества нутриентов в некоторых бассейнах восстановление началось уже в конце 1990-х годов, в других бассейнах оно началось в начале XXI века (Murray and others, 2019). Вместе с тем с учетом последовательной интенсификации вертикальной стратификации и связанной с этим

изоляции глубинных вод от насыщенных кислородом поверхностных вод (Liblik and Lips, 2019) степень уязвимости Балтики для эвтрофикации в случае сохранения этой тенденции будет только возрастать, что подчеркивает важность установления максимально допустимого количества поступлений нутриентов, указанного в Плане действий по Балтийскому морю¹¹. С этой целью для обеспечения здорового состояния Балтийского моря необходимо дополнительно сократить количество N и P, поступающих из антропогенных источников в целом (как речных, так и атмосферных), на 12 и, соответственно, 25 процентов.

4.3. Мексиканский залив (крупная морская экосистема 5; 1530 400 км²)

Последствия нагрузки нутриентов антропогенного происхождения наиболее заметны в северной части Мексиканского залива. Межгодовые колебания нагрузки нутриентов напрямую связаны с колебаниями стока рек Миссисипи и Атчафалайа (Rabalais and others 2007). В период 1980–2017 годов количество ежегодно поступающего растворенного неорганического N колебалось в пределах 1000×10^6 кг в год, причем минимальное значение было зарегистрировано в 2000 году и составляло около 600×10^6 кг в год, а максимальное — в 1993 году и составляло около 1800×10^6 кг в год¹². Как следствие, летом в северной части Мексиканского залива образуется вторая по величине прибрежная гипоксическая зона в мире, пространственная протяженность которой варьировалась от менее 5000 км^2 в 2000 году до $22\,720 \text{ км}^2$ в 2017 году, а средняя площадь которой составляет $13\,700 \text{ км}^2$ (Rabalais and others, 2007; Matli and others, 2018).

Помимо гипоксии донных вод увеличение нагрузки нутриентов, по-видимому, способствует развитию цветения с участием токсичного фитопланктона. Начиная с 1950-х годов обилие *Pseudo-nitzschia* spp. на шельфе становится только более заметным, причем эта тенденция может быть связана с долгосрочным повышением нагрузки нутриентов (Dortch and others, 1997).

¹¹ URL: <https://helcom.fi/baltic-sea-action-plan/>.

¹² URL: https://nrtwq.usgs.gov/mississippi_loads/#/GULF.

Сезонное цветение происходит в период между началом прогрева поверхностных вод и увеличением объема речного стока весной, с одной стороны, и достижением стоком сезонных пиков и скоплением биомассы фитопланктона, с другой (Bargu and others, 2016). Согласно результатам наблюдений, пик изобилия потенциально токсичных динофлагеллят (*Dinophysis* spp. и *Prorocentrum* spp.) совпадает с сезонным пиком речного стока (Bargu and others, 2016).

4.4. Северо-бразильский шельф (крупная морская экосистема 17; 1034 600 км²)

При среднем стоке пресной воды 120 000 м³/с (сезонный максимум в мае составляет около 240 000 м³/с, а минимум в ноябре — 80 000 м³/с) река Амазонка образует обширный и мощный поверхностный шлейф малосоленой, относительно богатой нутриентами воды, который простирается за границы материка над северо-бразильским шельфом. Амазонка представляет собой основной источник силикатов (83–91 процент), нитратов (62–76 процентов) и фосфатов (48–65 процентов), поступающих в крупную морскую экосистему «Северо-бразильский шельф» (Demaster and Pope, 1996). Годовой запас переносимого рекой N (в среднем около 1050 × 10⁶ кг N в год) позволяет поддерживать эвтрофную экосистему (730 г углерода (C) м²/г) в водах средней солености (соленость 30–35) прибрежного шлейфа (Dagg and others, 2004; Santos and others, 2008; Coles and others, 2013).

Чистая первичная продукция ограничивается нитратами, и в шлейфе воды средней солености весной и осенью наблюдается обширное цветение диатомово-дiazотрофных водорослей¹³ (Gomes and others, 2018). С учетом распространения шлейфовой воды в Карибском бассейне и экваториальной части Атлантики (Coles and others, 2013) эти цветения могут стать одним из важнейших новых источников формирования N, необходимого для поддержания первичной продукции и «великого саргассового пояса» (Wang and others, 2019) в бедных нутриентами тропиче-

ских водах (Subramaniam and others, 2008; Yeung and others, 2012).

4.5. Гвинейское течение (крупная морская экосистема 28; 1958 800 км²)

В Гвинейский залив, расположенный в пределах крупной морской экосистемы «Гвинейское течение» (Heileman, 2008), поступают стоки пресной воды из 15 рек, включая Конго (вторую по величине реку на Земле), средний годовой сток которой составляет около 40 000 м³ в секунду (Hopkins and others, 2013). Конго также является второй по величине рекой мира, которая переносит органический углерод с суши в океаны (Spencer and others, 2012). В результате стока такого большого количества воды в юго-восточную часть Атлантики образуется обширный малосоленый шлейф с характерным высоким содержанием хлорофилла, который может быть обнаружен на расстоянии 700–800 км к западу и северу от устья реки (Hopkins and others, 2013).

В большинстве городов, расположенных у берегов залива, отсутствует базовая инфраструктура для очистки сточных вод, в связи с чем в воды залива речными стоками переносится значительное количество N и P из городских и сельскохозяйственных источников¹⁴. По оценкам, нынешняя нагрузка N антропогенного происхождения, поступающего через реки, варьируется от 600 до 1000 × 10⁶ кг в год, в связи с чем данный регион подпадает под категорию регионов с высоким риском эвтрофикации (Seitzinger and Mayorga, 2016).

Следовательно, Гвинейский залив характеризуется высокой чистой первичной продукцией фитопланктона (356–438 г C м²/год, 2003–2013 годы), образование которой сопровождается поступлением нутриентов как из речного стока, так и в результате прибрежного апвеллинга¹⁵. Загрязнение нутриентами в системах прибрежных лагун, особенно вблизи городских центров, вызывает увеличение биомассы фитопланктона и кислородное обеднение, что приводит к снижению уровня

¹³ Диатомовые водоросли *Hemiaulus hauckii* и *Rhizosolenia clevei*, содержащие симбиотические цианобактерии *Richelia* sp., составляют около 28 процентов биомассы в среднесоленых водах шлейфа.

¹⁴ URL: <https://some.grida.no/media/23569/state-of-the-coastal-and-marine-ecosystems-in-gclme.pdf>.

¹⁵ URL: http://onesharedocean.org/public_store/lmes_factsheets/factsheet_28_Guinea_Current.pdf.

воспроизводства рыб и более активному распространению заболеваний, передающихся через воду (Scheren and others, 2002). Кроме того, в то время как, согласно результатам наблюдений, в фитопланктонном сообществе прибрежных вод за пределами лагуны доминируют диатомовые водоросли и цианобактерии, в них обнаружены и потенциально токсичные виды динофлагеллятов (*Dinophysis caudata*, *Lingulodinium polyedrum* и *Prorocentrum* spp. (Zendong and others, 2016).

4.6. Бенгальский залив (крупная морская экосистема 34; 3 657 500 км²)

В результате муссонных дождей и через речные стоки в Бенгальский залив поступает большое количество пресной воды (Yaremchuk and others, 2005). В залив впадают целых 5 из 50 крупнейших рек мира (Sengupta and others, 2006). Наименьшая соленость воды характерна для северной части залива, у дельты рек Ганг и у дельты реки Иравади в заливе Моутама, особенно в сезон муссонов в июне–октябре (Akhil and others, 2016). В 2000 году реки переносили в Бенгальский залив на 35–45 процентов больше N и P, чем в 1970 году, в основном в результате более активного использования удобрений (Sattar and others, 2014). В 2000 году реки переносили в залив 7100×10^6 кг N в год и 1500×10^6 кг P в год. 75–80 процентов от общего количества N и P, попадающих в залив из речных стоков, приходится на три реки (Ганг, Годавари и Иравади) (Pedde and others, 2017). Согласно оценкам, диапазон атмосферных осаджений составляет $100\text{--}3100 \times 10^6$ кг N в год, причем большинство показателей находятся вблизи верхней границы диапазона (Srinivas and Sarin, 2013). Таким образом атмосферные осаджения могут быть одним из основных источников поступления N в дополнение к речным стокам. Соотношение содержания N и P к содержанию кремния (Si) также увеличивается, что указывает на растущий риск цветения видов недиадомовых водорослей, которые могут вырабатывать токсины и иным образом нарушать состояние прибрежных экосистем (Pedde and others, 2017).

Из-за сильного галоклина обогащение нутриентами, поступающими с глубины, носит ограниченный характер, поэтому центральная часть залива олиготрофна (Kay and others, 2018). Гораздо более продуктивны¹⁶ (> 300 г C м²/год) в результате поступления N и P через речные стоки являются прибрежные воды. Очаги эвтрофикации прибрежных вод встречаются у дельты реки Ганг (Бангладеш) в северной части залива и в заливе Моутама у дельты реки Иравади (Мьянма) в восточной части залива (Kay and others, 2018; Monolisha and others, 2018). Биомасса фитопланктона из этих обогащенных районов, не потребляемая в эвфотической зоне, оседает и распадается на глубине (150–600 м), что приводит к возникновению одной из крупнейших гипоксических зон (60 000 км²) в мировом океане (Bristow and others, 2017; Kay and others, 2018). Кроме того, потенциально токсичные виды наблюдаются и вдоль восточного побережья Индии (Mohanty and others, 2007; Sahu and others, 2014).

4.7. Южно-Китайское море (крупная морская экосистема 36; 5 661 000 км²)

Южно-Китайское море в целом считается умеренно продуктивным¹⁷ ($150\text{--}300$ г C м²/год), но имеет «наибольший» риск эвтрофикации (Seitzinger and Mayorga, 2016). Основной объем пресной воды и нутриентов, поступающих в прибрежные воды моря из рек, приходится на реки, впадающие в эстуарий реки Чжуцзян (Harrison and others 2008; Chen and others, 2009). Во время сезона дождей (апрель–сентябрь), на который приходится 80 процентов речного стока (Yin and others, 2001), двухслойная эстуарная циркуляция начинает затрагивать внутренний шельф по мере того, как поверхностный, богатый нутриентами шлейф перемещается вдоль берега и простирается не менее чем на 250 км во внутренние районы моря (Jilan, 2004; Chen and others, 2017).

В конце 1970-х годов плодородная дельта реки к северу от Гонконга, Китай, в основном использовалась для удовлетворения сельскохозяйственных нужд. С тех пор дельта реки Чжуцзян превратилась из сельскохозяйственных угодий в

¹⁶ URL: http://lme.edc.uri.edu/LME/images/Content/LME_Briefs/lme_34.pdf.

¹⁷ URL: http://lme.edc.uri.edu/images/Content/LME_Briefs/lme_36.pdf.

крупный мегаполис. Вследствие этого в 1980-е и 1990-е годы количество растворенных N и P, поступавших через дельту реки Чжуцзян, увеличилось в 2–5 раз, главным образом из-за увеличения объема сбрасываемых городских отходов и количества нутриентов, поступающих в результате деятельности в секторе аквакультуры (Yin and Harrison, 2008). В период 2006–2012 годов количество поступавших нутриентов не менялось, и их концентрация оставалась в диапазоне $500\text{--}1000 \times 10^6$ кг N в год и $20\text{--}40 \times 10^6$ кг P в год, причем межгодовая тенденция отсутствовала (Tong and others, 2015). Хотя показатели осаждения N из атмосферы над Южно-Китайским морем в целом, согласно оценкам, почти на порядок превышают (около $9\,200 \times 10^6$ кг N в год) показатели поступления N через реки (Luo and others, 2014), осаждающиеся из атмосферы частицы N рассеиваются над всей территорией моря и оказывают незначительное воздействие на эвтрофикацию прибрежных вод по сравнению с воздействием частиц, поступающих из рек.

В целом воздействие избыточного поступления нутриентов антропогенного происхождения, по-видимому, ограничивается прибрежной полосой моря (Sun, 2017), причем очаги сезонной гипоксии и цветение токсичных водорослей наблюдаются вблизи дельт крупных рек, где происходит значительное городское развитие (United Nations Environment Programme (UNEP) and others, 2005; Qian and others, 2018). Районы с наиболее выраженной эвтрофикацией располагаются вблизи эстуариев главных рек. Наиболее сильное воздействие отмечается в нижнем эстуарии реки Чжуцзян, донные воды которого каждое лето подвергаются гипоксии. Кислородное обеднение донных вод нижнего эстуария реки Чжуцзян происходит каждое лето, по крайней мере на протяжении последних 25 лет (Qian and others, 2018). В этот период годовая минимальная концентрация растворенного кислорода в донных водах снижается со скоростью около $2 \pm 0,9$ ммоль/л в год вследствие повышения содержания растворенного неорганического азота, которое увеличивается со скоростью около $1,4 \pm 0,3$ ммоль N/л в год (Qian and others, 2018).

Частота случаев цветения токсичных водорослей в прибрежных водах Китая возрастала, согласно сообщениям, с 0 в 1950-х и 60-х годах до

10 в 1970-х, 25 в 1980-х и более 100 в 1990-х годах (Yan and others, 2002). В период 1980–2003 годов эта затронутая территория расширилась и включила в себя эстуарии реки Чжуцзян, Манильскую бухту и залив реки Масинлок (Wang and others, 2008). К токсичным видам относятся потенциально токсичные *Noctiluca scintillans* (эстуарий реки Чжуцзян) и *Pyrodinium bahamense* (эстуарии на Филиппинах). *N. scintillans* также вызывает гипоксию, приводят к забиванию рыбьих жабр и могут действовать в качестве переносчика водорослевых токсинов на более высокие трофические уровни (Escalera and others, 2007; Turkoglu, 2013).

4.8. Большой Барьерный риф (крупная морская экосистема 40; 1300 000 км²)

Со времени создания европейских поселений ежегодное количество N и P, поступающих в лагуну Большого Барьерного рифа через реки, увеличилось с приблизительно $0,014 \times 10^9$ кг N в год до $0,080 \times 10^9$ кг N в год и с $1,8 \times 10^6$ кг P в год до 16×10^6 кг P в год (Brodie and others, 2011; Kroon and others, 2012). Перенос реками растворенных веществ неорганического фосфора (P-PO₄) может способствовать росту *Trichodesmium* spp. В то время как ограниченные широкомасштабные наблюдения *Trichodesmium* spp. ведутся в разных районах Большого Барьерного рифа, согласно собираемому с 2010 года данным на конкретном участке вблизи затонувшего корабля «Йонгала», наблюдается постепенное увеличение численности этих цианобактерий (Robson et al, 2018; Great Barrier Reef Marine Park Authority (GBRMPA), 2019). Способность *Trichodesmium* spp. к азотфиксации позволяет предположить, что повышение уровня P-PO₄ само по себе может влечь за собой увеличение биомассы фитопланктона, и уже имеются свидетельства того, что такая тенденция является одним из существенных факторов ухудшения состояния окаймляющих рифов во внутренней лагуне Большого Барьерного рифа. Согласно результатам долгосрочного наблюдения теперь известно, что площадь покрытия Большого Барьерного рифа жесткими кораллами сократилась за последнее столетие более чем на 70 процентов (Bell and others, 2014). Такое сокращение объясняется в основном ущербом от штормов, обесцвечиванием кораллов, повсеместным ростом

Acanthaster planci (морская звезда «терновый венец») и болезнями коралловых скелетов. Рекордное размножение нанофитопланктона в районах лагуны, в которые впадают реки, по-видимому, способствует размножению личинок *A. planci* и массовым скоплениям взрослых особей *A. planci* (Bell, 1992). Появляется все больше свидетельств того, что хищническому поведению *A. planci* и обесцвечиванию кораллов способствует эвтрофикация, и именно она является одной из основных причин того, что рифы так и не восстановились (Bell and others, 2014; GBRMPA, 2019).

4.9. Южно-Китайское море¹⁸ (крупная морская экосистема 47; 1 008 100 км²)

Восточно-Китайское море считается высокопродуктивной системой (> 300 г С/м²/год) и подпадает под категорию районов с «наивысшем» риском эвтрофикации (Seitzinger and Mayorga, 2016). Более 90 процентов поступающих в море нутриентов приходится на реку Чанцзян (Янцзы) (среднее годовое значение = 30 200 м³/с) (Yuan and others, 2007; Tong and others, 2015). По оценкам, с 1968 по 1997 год уровень избыточного поступления в море нутриентов (например, нитратов) из реки Чанцзян в результате антропогенной деятельности поднялся более чем в 10 раз (Yan and others, 2003). По итогам сравнения концентраций нутриентов в эстуарии реки Янцзы и водохранилища ГЭС «Три ущелья» в 2006 году (Chai and others, 2009) удалось обнаружить увеличение концентрации N в целом [от 41,8 до 82,2 микрометров (мкм)], растворенного неорганического N (от 24,4 до 37,5 мкм) и растворимого реактивного P (от 0,9 до 1,3 мкм), а с 2006–2012 годов общая азотная нагрузка увеличилась с 1350 x 10⁶ кг в год до 2040 x 10⁶ кг в год, в то время как общая фосфорная нагрузка увеличилась с 122 x 10⁶ кг в год до 240 x 10⁶ кг в год (Tong and others, 2015). Показатели осаднения N из атмосферы, согласно оценкам, составляли около 1750 x 10⁶ кг в год, что находится в диапазоне показателей приносимого реками азота в течение этого периода (Tong and others, 2015).

Хотя атмосферные осаднения, как правило, распределяются над всем Восточно-Китайским морем, в период летних муссонов воздействию нутриентов, переносимых реками, подвергаются в основном прибрежные воды. Таким образом концентрация хлорофилла-а на поверхности моря является самой высокой в прибрежной зоне шлейфа (>10 мг/м³) и с расстоянием быстро уменьшается, достигая в открытых водах за пределами континентального шельфа низких показателей (< 0,5 мг/м³) (Yuan and others, 2007). Межгодовое повышение нагрузки нутриентов также приводит на протяжении многих лет к увеличению биомассы фитопланктона (Zhou and others, 2019).

Оседание органических веществ, выделяемых фитопланктоном, в нижнем эстуарии и образовании прибрежного шлейфа приводят к большому потреблению кислорода и развитию в летние периоды гипоксии в донных водах. Показатели встречаемости, частоты возникновения и пространственной протяженности районов гипоксии повышаются с конца 1990-х годов (Li and others, 2011; Wei and others, 2015). Сегодня район моря, затрагиваемый прибрежным шлейфом реки Чанцзян, считается одной из крупнейших прибрежных гипоксических зон (>12 000 км²) в мире (Chen and others, 2007; Wang and others, 2016; Zhu and others, 2017).

По мере увеличения нагрузки нутриентов, поступающих из реки Чанцзян, число случаев цветения токсичных водорослей вдоль морского побережья возрастало с нуля в 1950-х и 60-х годах до 10 в 1970-х, 25 в 1980-х и более 100 в 1990-х годах (Yan and others, 2002). В частности, с 1998 года ежегодно регистрируются крупномасштабные цветения (площадь которых составляет более 1000 км²), а *Prorocentrum donghaiense* является одним из регулярно цветущих видов на протяжении более 10 лет (Li and others, 2009; Lu and others, 2014). Кроме того, наблюдается цветение потенциально токсичных *Karlodinium veneticum*, *Karenia mikimotoi*, *Alexandrium tamarense*, *Alexandrium catenella* и *Heterosigma akashiwo* (Lu and others, 2014; Zhou and others, 2015; Wang and others, 2018).

¹⁸ URL: http://lme.edc.uri.edu/LME/images/Content/LME_Briefs/lme_47.pdf.

5. Перспективы

Прогнозируется, что в первой половине XXI века количество выделяемого в ходе антропогенной деятельности N увеличится почти в два раза, и, исходя из прогнозируемого увеличения содержания растворенного неорганического азота на 40–45 процентов к 2050 году, риск эвтрофикации прибрежных вод увеличится в 21 проценте крупных морских экосистем, подавляющая часть которых находится в Африке, Южной Америке, Южной Азии и Океании. Воздействие продолжающегося увеличения азотной нагрузки, вероятно, будет усугубляться обусловленными климатом повышением температуры океана, вертикальной стратификацией, выпадением осадков и поступающим из атмосферы в океан CO₂ (Guinder and Molinero, 2013). Таким образом, вполне вероятно, что в отсутствие агрессивных действий по

снижению уровня выделяемых в ходе антропогенной деятельности N и P степень серьезности и масштабы гипоксии, закисления и появления токсичных водорослей в прибрежных водах также будут и далее возрастать (Townhill and others, 2018).

Важные пробелы в нашем нынешнем понимании воздействия связанного с антропогенной деятельностью поступления нутриентов в прибрежные океанические воды подразделяются на две широкие категории: а) отсутствие данных по прибрежным экосистемам в южном полушарии (Altieri and others, 2019; Diaz and others, 2019) и б) необходимость понимания синергии между воздействием азотной нагрузки и изменениями в прибрежных экосистемах, обусловленными изменением климата (Paerl and others, 2014).

Справочная литература

- Akhil, V.P., and others (2016). Assessment of seasonal and year-to-year surface salinity signals retrieved from SMOS and Aquarius missions in the Bay of Bengal. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 37, No.5, pp. 1089–1114.
- Altieri, Andrew H., and Robert J. Diaz (2019). Dead zones: oxygen depletion in coastal ecosystems. In *World Seas: An Environmental Evaluation*, Elsevier, pp. 453–473.
- Bachmann, R.W., and others (2006). Eutrophication in freshwater and marine systems. *Limnology and Oceanography*, vol. 51, pp. 351–800.
- Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM) (2018). *State of the Baltic Sea: Second HELCOM Holistic Assessment 2011–2016*. Baltic Sea Environment Proceedings 155. Baltic Marine Environment Protection Commission.
- Barbier, Edward B., and others (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, vol. 81, No. 2, pp. 169–193.
- Bargu, Sibel, and others (2016). Influence of the Mississippi River on *Pseudo-nitzschia* spp.: abundance and toxicity in Louisiana coastal waters. *Estuaries and Coasts*, vol. 39, No. 5, pp. 1345–1356.
- Bell, Peter R.F., and others (2014). Evidence of large-scale chronic eutrophication in the Great Barrier Reef: quantification of chlorophyll a thresholds for sustaining coral reef communities. *Ambio*, vol. 43, No. 3, pp. 361–376.
- Bell, Peter R.F. (1992). Eutrophication and coral reefs: some examples in the Great Barrier Reef lagoon. *Water Research*, vol. 26, No. 5, pp. 553–568.
- Beusen, Arthur H.W., and others (2016). Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. *Biogeosciences*, vol. 13, No. 8, pp. 2441–2451.
- Boesch, Donald F. (2019). Barriers and bridges in abating coastal eutrophication. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 123.

- Bouwman, Lex, and others (2013). Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, No. 52, pp. 20882–20887.
- Boyer, Elizabeth W., and Robert W. Howarth (2008). Nitrogen fluxes from rivers to the coastal oceans. In *Nitrogen in the Marine Environment*, Elsevier Inc., pp. 1565–1587.
- Breitburg, Denise, and others (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*, vol. 359, No. 6371.
- Bristow, Laura A., and others (2017). N₂ production rates limited by nitrite availability in the Bay of Bengal oxygen minimum zone. *Nature Geoscience*, vol. 10, No. 1, pp. 24–29.
- Brodie, J.E., and others (2011). Assessment of the eutrophication status of the Great Barrier Reef lagoon (Australia). *Biogeochemistry*, vol. 106, No. 2, pp. 281–302.
- Carstensen, Jacob, and others (2014). Deoxygenation of the Baltic Sea during the last century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, No. 15, pp. 5628–5633.
- Chai, Chao, and others (2009). Nutrient characteristics in the Yangtze River Estuary and the adjacent East China Sea before and after impoundment of the Three Gorges Dam. *Science of the Total Environment*, vol. 407, no. 16, pp. 4687–4695.
- Chen, Bingzhang, and others (2009). Estuarine nutrient loading affects phytoplankton growth and microzooplankton grazing at two contrasting sites in Hong Kong, China, coastal waters. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 379, pp. 77–90.
- Chen, Chung-Chi, and others (2007). Hypoxia in the East China Sea: one of the largest coastal low-oxygen areas in the world. *Marine Environmental Research*, vol. 64, No. 4, pp. 399–408.
- Chen, Zhaoyun, and others (2017). Far-reaching transport of Pearl River plume water by upwelling jet in the northeastern South China Sea. *Journal of Marine Systems*, vol. 173, pp. 60–69.
- Coles, Victoria J., and others (2013). The pathways and properties of the Amazon River Plume in the tropical North Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, vol. 118, No. 12, pp. 6894–6913.
- Costanza, Robert, and others (2017). Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, vol. 28, pp. 1–16.
- Dagg, Michael, and others (2004). Transformation of dissolved and particulate materials on continental shelves influenced by large rivers: plume processes. *Continental Shelf Research*, vol. 24, Nos. 7 and 8, pp. 833–858.
- Demaster, David J., and Robert H. Pope (1996). Nutrient dynamics in Amazon shelf waters: results from AMASSEDS. *Continental Shelf Research*, vol. 16, No. 3., pp. 263–289.
- Dentener, Frank, and others (2006). Nitrogen and sulfur deposition on regional and global scales: a multimodel evaluation. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 20, No. 4,
- Diaz, Robert J., and Rutger Rosenberg (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, vol. 321, No. 5891, pp. 926–929.
- Diaz, Robert J., and others (2019). Hypoxia in estuaries and semi-enclosed seas. In *Ocean Deoxygenation—Everyone’s Problem: Causes, Impacts, Consequences and Solutions*, D. Laffoley and J. M. Baxter, eds. Gland, Switzerland: IUCN.
- Dortch, Quay, and others (1997). Abundance and vertical flux of *Pseudo-nitzschia* in the northern Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 146, pp. 249–264.
- Duce, R.A., and others (2008). Impacts of atmospheric anthropogenic nitrogen on the open ocean. *Science*, vol. 320, No. 5878, pp. 893–897.
- Elser, James J., and others (2007). Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, vol. 10, No. 12, pp. 1135–1142.
- Escalera, Laura, and others (2007). *Noctiluca scintillans* may act as a vector of toxigenic microalgae. *Harmful Algae*, vol. 6, No. 3, pp. 317–320.

- Fabricius, Katharina E. (2011). Factors determining the resilience of coral reefs to eutrophication: a review and conceptual model. In *Coral Reefs: An Ecosystem in Transition*, Zvy Dubinsky and Noga Stambler, eds. New York: Springer, pp. 493–505.
- Fourqurean, James W., and others (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, vol. 5, No. 7, pp. 505–509.
- Funkey, Carolina P., and others (2014). Hypoxia sustains cyanobacteria blooms in the Baltic Sea. *Environmental Science & Technology*, vol. 48, No. 5, pp. 2598–2602.
- Galloway, James N., and others (2004). Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry*, vol. 70, No. 2, pp. 153–226.
- Glibert, Patricia, and Lex Bouwman (2012). Land-based nutrient pollution and the relationship to harmful algal blooms in coastal marine systems. *Loicz Newsletter Inprint*, vol. 2, pp. 5–7.
- Glibert, Patricia M., and others (2005). The global, complex phenomena of harmful algal blooms. *Oceanography*, vol. 18, No. 2.
- Glibert, Patricia M., and others (2014). Vulnerability of coastal ecosystems to changes in harmful algal bloom distribution in response to climate change: projections based on model analysis. *Global Change Biology*, vol. 20, No. 12, pp. 3845–3858.
- Glibert, Patricia M., and others (2018). Key questions and recent research advances on harmful algal blooms in relation to nutrients and eutrophication. In *Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms*. Springer, pp. 229–259.
- Gomes, Helga Rosario, and others (2018). The influence of riverine nutrients in niche partitioning of phytoplankton communities – a contrast between the Amazon River Plume and the Chang Jiang (Yangtze) River diluted water of the East China Sea. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 343.
- Great Barrier Reef Marine Park Authority (GBRMPA) 2019. Great Barrier Reef Outlook Report 2019, GBRMPA, Townsville, Australia.
- Green, Pamela A., and others (2004). Pre-industrial and contemporary fluxes of nitrogen through rivers: a global assessment based on typology. *Biogeochemistry*, vol. 68, No. 1, pp. 71–105.
- Greenwood, N., and others (2010). Detection of low bottom water oxygen concentrations in the North Sea; implications for monitoring and assessment of ecosystem health. *Biogeosciences*, vol. 7, No. 4, pp. 1357–1373.
- Guinder, Valeria, and Juan Carlos Molinero (2013). Climate change effects on marine phytoplankton. *Marine Ecology in a Changing World*, Andrés H. Arias and María C. Menendez, eds. Boca Raton, Florida, CRC Press, pp. 68–90.
- Hargrave, Barry T., ed. (2005). *Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture*. Berlin: Springer.
- Harrison, John A., and others (2005). Dissolved inorganic phosphorus export to the coastal zone: results from a spatially explicit, global model. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 19, No. 4.
- Harrison, Paul J., and others (2008). Physical-biological coupling in the Pearl River Estuary. *Continental Shelf Research*, vol. 28, No. 12, pp. 1405–1415.
- Heileman, S. (2008). Guinea Current LME. In *The UNEP Large Marine Ecosystem Report: A Perspective on Changing Conditions in LMEs of the World's Regional Seas*, K. Sherman and G. Hempel, eds. Nairobi: UNEP, 1.
- Heisler, John, and others (2008). Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus. *Harmful Algae*, vol. 8, No. 1, pp. 3–13.
- Heron, Scott Fraser, and others (2017). *Impacts of Climate Change on World Heritage Coral Reefs: A First Global Scientific Assessment*. Paris: UNESCO World Heritage Centre.
- Hopkins, Jo, and others (2013). Detection and variability of the Congo River plume from satellite derived sea surface temperature, salinity, ocean colour and sea level. *Remote Sensing of Environment*, vol. 139, pp. 365–385.

- Howarth, R.W., and others (1996). Riverine inputs of nitrogen to the North Atlantic Ocean: fluxes and human influences. *Biogeochemistry*, vol. 35, pp. 75–139.
- Howarth, R.W., and others (2011). Coupled biogeochemical cycles: eutrophication and hypoxia in temperate estuaries and coastal marine ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 9, No. 1, pp. 18–26.
- Howarth, R.W., and others (2012). Nitrogen fluxes from the landscape are controlled by net anthropogenic nitrogen inputs and by climate. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 10, No. 1, pp. 37–43.
- Howarth, Robert W. (2008). Coastal nitrogen pollution: a review of sources and trends globally and regionally. *Harmful Algae*, vol. 8, No. 1, pp. 14–20.
- Howarth, Robert W., and others (2000). Nutrient pollution of coastal rivers, bays, and seas. *Issues in Ecology*, No. 7.
- Howarth, Robert W., and Roxanne Marino (2006). Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: evolving views over three decades. *Limnology and Oceanography*, vol. 51, No. 1, part 2, pp. 364–376.
- Hughes, Terry P., and others (2018). Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science*, vol. 359, No. 6371, pp. 80–83.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. C. B. Field and others, eds. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jickells, T.D., and others (2017). A reevaluation of the magnitude and impacts of anthropogenic atmospheric nitrogen inputs on the ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 31, No. 2, pp. 289–305.
- Jilan, Su (2004). Overview of the South China Sea circulation and its influence on the coastal physical oceanography outside the Pearl River Estuary. *Continental Shelf Research*, vol. 24, No. 16, pp. 1745–1760.
- Kay, Susan, and others (2018). Marine dynamics and productivity in the Bay of Bengal. In *Ecosystem Services for Well-Being in Deltas: Integrated Assessment for Policy Analysis*. Robert J. Nicholls and others, eds. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, pp. 263–275. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71093-8_14.
- Kemp, W.M., and others (2009). Temporal responses of coastal hypoxia to nutrient loading and physical controls. *Biogeosciences*, vol. 6, No. 12, pp. 2985–3008.
- Kroon, F.J., and others (2012). River loads of suspended solids, nitrogen, phosphorus and herbicides delivered to the Great Barrier Reef lagoon. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 65, Nos. 4–9, pp. 167–181.
- Lamsal, L.N., and others (2011). Application of satellite observations for timely updates to global anthropogenic NO_x emission inventories. *Geophysical Research Letters*, vol. 38, No. 5.
- Lancelot, Christiane, and others (1987). *Phaeocystis* blooms and nutrient enrichment in the continental coastal zones of the North Sea. *Ambio*, No. 1.
- _____ (1995). The mucilage phenomenon in the continental coastal waters of the North Sea. *Science of the Total Environment*, vol. 165, Nos. 1–3, pp. 83–102.
- Lee, Rosalynn Y., and others (2016). Land-based nutrient loading to LMEs: a global watershed perspective on magnitudes and sources. *Environmental Development*, vol. 17, pp. 220–229.
- Li, Ji, and others (2009). Relationships between nitrogen and phosphorus forms and ratios and the development of dinoflagellate blooms in the East China Sea. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 383, pp. 11–26.
- Li, Xinxin, and others (2011). Historical trends of hypoxia in Changjiang River estuary: applications of chemical biomarkers and microfossils. *Journal of Marine Systems*, vol. 86, Nos. 3 and 4, pp. 57–68.

- Liblik, T., and Lips, U. (2019). Stratification has strengthened in the Baltic Sea: an analysis of 35 years of observational data. *Frontiers In Earth Science*, vol. 7, art. 174. <http://doi.org/10.3389/feart.2019.00174>.
- Limburg, Karin E., and Michele Casini (2018). Effect of marine hypoxia on Baltic Sea Cod *Gadus morhua*: evidence from otolith chemical proxies. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 482.
- Lu, Chaoqun, and Hanqin Tian (2017). Global nitrogen and phosphorus fertilizer use for agriculture production in the past half century: shifted hot spots and nutrient imbalance. *Earth System Science Data*, vol. 9, pp. 181–192.
- Lu, Douding, and others (2014). Causative species of harmful algal blooms in Chinese coastal waters. *Algological Studies*, vol. 145, No. 1, pp. 145–168.
- Luo, X.S., and others (2014). Chinese coastal seas are facing heavy atmospheric nitrogen deposition. *Environmental Research Letters*, vol. 9, No. 9, 095007.
- Martínez, Maria Luiza, and others (2007). The coasts of our world: ecological, economic and social importance. *Ecological Economics*, vol. 63, Nos. 2 and 3, pp. 254–272.
- Matli, V.R.R., and others (2018). Space-time geostatistical assessment of hypoxia in the Northern Gulf of Mexico. *Environmental Science and Technology*, vol. 52, No. 21, pp. 12484–12493. <http://doi.org/10.1021/acs.est.8b03474>.
- Mohanty Ajit K., and others (2007). Red tide of *Noctiluca scintillans* and its impact on the coastal water quality of the near-shore waters, off the Rushikulya River, Bay of Bengal. *Current Science*, vol. 93, No. 5, pp. 616.–618.
- Monolisha, S., and others (2018). Optical classification of the coastal waters of the Northern Indian Ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 87.
- Mosier, Arvin R., and others (2004). Nitrogen fertilizer: an essential component of increased food, feed, and fiber production. *Agriculture and the Nitrogen Cycle: Assessing the Impacts of Fertilizer Use on Food Production and the Environment*, vol. 65, pp. 3–15.
- Murray, C.J., and others (2019). Past, present and future eutrophication status of the Baltic Sea. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 2.
- Mvungi, Esther F., and Deena Pillay (2019). Eutrophication overrides warming as a stressor for a temperate African seagrass (*Zostera capensis*). *PLoS One*, vol. 14, No. 4. e0215129.
- Ngatia, Lucy, and others (2019). Nitrogen and phosphorus eutrophication in marine ecosystems. In *Monitoring of Marine Pollution*. London: IntechOpen.
- Nixon, Scott W. (1995). Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, vol. 41, No. 1, pp. 199–219.
- Paerl, H.W., and others (2002). Atmospheric deposition of nitrogen: implications for nutrient over-enrichment of coastal waters. *Estuaries*, vol. 25, No. 4, pp. 677–693.
- Paerl, H.W., and others (2014). Evolving paradigms and challenges in estuarine and coastal eutrophication dynamics in a culturally and climatically stressed world. *Estuaries and Coasts*, vol. 37, No. 2, pp. 243–258.
- Paramor, O.A.L., and others (2009). *MEFEPO North Sea Atlas*. University of Liverpool.
- Pedde, Simona, and others (2017). Modeling sources of nutrients in rivers draining into the Bay of Bengal: a scenario analysis. *Regional Environmental Change*, vol. 17, No. 8, pp. 2495–2506.
- Peñuelas, Josep, and others (2013). Human-induced nitrogen-phosphorus imbalances alter natural and managed ecosystems across the globe. *Nature Communications*, vol. 4, art. 2934.
- Pliński, Marcin, and others (2007). The potential causes of cyanobacterial blooms in Baltic Sea estuaries. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, vol. 36, No. 1, pp. 134–137.

- Qian, Wei, and others (2018). Current status of emerging hypoxia in a eutrophic estuary: the lower reach of the Pearl River Estuary, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 205, pp. 58–67.
- Rabalais, Nancy N., and others (2007). Hypoxia in the northern Gulf of Mexico: does the science support the plan to reduce, mitigate, and control hypoxia? *Estuaries and Coasts*, vol. 30, No. 5, pp. 753–772.
- Rabalais, Nancy N., and others (2009a). Dynamics and distribution of natural and human-caused coastal hypoxia. *Biogeosciences Discussions*, vol. 6, No. 5.
- Rabalais, Nancy N., and others (2009b). Global change and eutrophication of coastal waters. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 66, No. 7, pp. 1528–1537.
- Radach, Günther, and Johannes Pätsch (2007). Variability of continental riverine freshwater and nutrient inputs into the North Sea for the years 1977–2000 and its consequences for the assessment of eutrophication. *Estuaries and Coasts*, vol. 30, No. 1, pp. 66–81.
- Riebesell, Ulf, and others (2018). Toxic algal bloom induced by ocean acidification disrupts the pelagic food web. *Nature Climate Change*, vol. 8, No. 12, pp. 1082–1086.
- Robson, B.J., and others (2018). *Trichodesmium* timeseries from the Yongala: IMOS National Reference Station, Integrated Marine Observing System, Tasmania.
- Sahu, Gouri, and others (2014). Seasonality in the distribution of dinoflagellates with special reference to harmful algal species in tropical coastal environment, Bay of Bengal. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 186, No. 10, pp. 6627–6644.
- Santos, Maria L.S., and others (2008). Nutrient and phytoplankton biomass in the Amazon River shelf waters. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 80, No. 4, pp. 703–717.
- Sattar, Md. Abdus, and others (2014). The increasing impact of food production on nutrient export by rivers to the Bay of Bengal 1970–2050. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 80, Nos. 1 and 2, pp. 168–178.
- Scheren, P.A., and others (2002). Environmental pollution in the Gulf of Guinea: a regional approach. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 44, No. 7, pp. 633–641.
- Schmale, Oliver, and others (2016). Dense bottom gravity currents and their impact on pelagic methanotrophy at oxic/anoxic transition zones. *Geophysical Research Letters*, vol. 43, No. 10, pp. 5225–5232.
- Seitzinger, S.P., and others (2005). Sources and delivery of carbon, nitrogen, and phosphorus to the coastal zone: an overview of Global Nutrient Export from Watersheds (NEWS) models and their application. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 19, No. 4.
- Seitzinger, S.P., and others (2010). Global river nutrient export: a scenario analysis of past and future trends. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 24, No. 4. <https://doi.org/10.1029/2009GB003587>.
- Seitzinger, S.P., and E. Mayorga (2016). Chapter 7.3: Nutrients inputs from river systems to coastal waters. In *Large Marine Ecosystems: Status and Trends*, Nairobi: UNEP, pp.179–195.
- Selman, Mindy, and others (2010). Eutrophication: sources and drivers of nutrient pollution. *Renewable Resources Journal*, vol. 26, No. 4, pp. 19–26.
- Sengupta, Debasis, and others (2006). Surface freshwater from Bay of Bengal runoff and Indonesian through-flow in the tropical Indian Ocean. *Geophysical Research Letters*, vol. 33, No. 22.
- Sinha, E., and others (2017). Eutrophication will increase during the 21st century as a result of precipitation changes. *Science*, vol. 357, No. 6349, pp. 405–408.
- Smith, Val H., and others (2006). Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. *Limnology and Oceanography*, vol. 51, No. 1, part 2, pp. 351–355.
- Sonesten, Lars, and others (2018). *Sources and Pathways of Nutrients to the Baltic Sea: HELCOM PLC-6*. Baltic Sea Environment Proceedings 153.
- Spencer, Robert G.M., and others (2012). An initial investigation into the organic matter biogeochemistry of the Congo River. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 84, pp. 614–627.

- Spokes, L.J., and Jickells (2005). Is the atmosphere really an important source of reactive nitrogen to coastal waters? *Continental Shelf Research*, vol. 25, No.16, pp. 2022–2035.
- Srinivas, Bikkina, and M.M. Sarin (2013). Atmospheric deposition of N, P and Fe to the Northern Indian Ocean: implications to C- and N-fixation. *Science of the Total Environment*, vol. 456, pp. 104–114.
- Subramaniam, Ajit, and others (2008). Amazon River enhances diazotrophy and carbon sequestration in the tropical North Atlantic Ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol.105, No.30, pp. 10460–10465.
- Sun, Che (2017). Riverine influence on ocean color in the equatorial South China Sea. *Continental Shelf Research*, vol. 143, pp. 151–158.
- Szymczycha, B., and others (2019). Chapter 4: The Baltic Sea. In *World Seas: An Environmental Evaluation*, 2nd ed., vol. I: *Europe, the Americas and West Africa*. C. Sheppard, ed. London: Academic Press, pp. 85–111.
- Tong, Yindong, and others (2015). Nutrient loads flowing into coastal waters from the main rivers of China (2006–2012). *Scientific Reports*, vol. 5, art. 16678.
- Townhill, Bryony L., and others (2018). Harmful algal blooms and climate change: exploring future distribution changes. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 75, No. 6, pp. 1882–1893.
- Turkoglu, Muhammet (2013). Red tides of the dinoflagellate *Noctiluca scintillans* associated with eutrophication in the Sea of Marmara (the Dardanelles, Turkey). *Oceanologia*, vol. 55, No. 3, pp. 709–732.
- United Nations (2017). Chapter 20: Coastal, riverine and atmospheric inputs from land. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- United Nations Environment Programme (UNEP) and others (2005). *South China Sea; GIWA Regional Assessment 54*. Kalmar, Sweden: University of Kalmar.
- Valigura, Richard A., and others, eds. (2001). *Nitrogen Loading in Coastal Water Bodies: An Atmospheric Perspective*. vol. 57. Washington D.C.: American Geophysical Union.
- Van Drecht, G., and others (2009). Global nitrogen and phosphate in urban wastewater for the period 1970 to 2050. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 23, No. 4.
- Vermaat, Jan E., and others (2008). Past, present and future nutrient loads of the North Sea: causes and consequences. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 80, No. 1, pp. 53–59.
- Vitousek, Peter M., and others (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*, vol. 7, No. 3, pp. 737–750.
- Wallace, Ryan B., and others (2014). Coastal ocean acidification: the other eutrophication problem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 148, pp. 1–13.
- Wang, Hongjie, and others (2016). Eutrophication-driven hypoxia in the East China Sea off the Changjiang Estuary. *Environmental Science & Technology*, vol. 50, No. 5, pp. 2255–2263.
- Wang, Mengqiu, and others (2019). The great Atlantic Sargassum belt. *Science*, vol. 365, No. 6448, pp. 83–87.
- Wang, Sufen and others (2008). Occurrences of harmful algal blooms (HABs) associated with ocean environments in the South China Sea. *Hydrobiologia*, vol. 596, No. 1, pp. 79–93.
- Wang, Yun-Feng and others (2018). Recurrent toxic blooms of *Alexandrium* spp. in the East China Sea: potential role of Taiwan warm current in bloom initiation. *Journal of Ecology and Toxicology*, vol. 2, No. 2.
- Waycott, Michelle, and others (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106, No. 30, pp. 12377–12381.
- Wear, Stephanie L., and R. Vega Thurber (2015). Sewage pollution: mitigation is key for coral reef stewardship. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1355, No. 1, pp. 15–30.
- Wei, Qinsheng, and others (2015). Recognition on the forming-vanishing process and underlying mechanisms of the hypoxia off the Yangtze River estuary. *Science China Earth Sciences*, vol. 58, No. 4, pp. 628–648.

- World Water Assessment Programme (WWAP) (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater – The Untapped Resource*. Paris: UNESCO.
- Yan, Tian, and others (2002). A national report on harmful algal blooms in China. *Harmful Algal Blooms in the PICES Region of the North Pacific*, vol. 21. F.J.R. “Max” Taylor and Vera L. Trainer, eds. PICES Scientific Report, No. 23. Sidney, British Columbia, Canada: North Pacific Marine Science Organization (PICES).
- Yan, Weijin, and others (2003). How do nitrogen inputs to the Changjiang basin impact the Changjiang River nitrate: a temporal analysis for 1968–1997. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 17, No. 4.
- Yaremchuk, M., and others (2005). River discharge into the Bay of Bengal in an inverse ocean model. *Geophysical Research Letters*, vol. 32, No.16.
- Yeung, Laurence Y., and others (2012). Impact of diatom-diazotroph associations on carbon export in the Amazon River plume. *Geophysical Research Letters*, vol. 39, No. 18.
- Yin, Kedong, and others (2001). Shift from P to N limitation of phytoplankton growth across the Pearl River estuarine plume during summer. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 221, pp. 17–28.
- Yin, Kedong, and Paul J. Harrison (2008). Nitrogen over enrichment in subtropical Pearl River estuarine coastal waters: possible causes and consequences. *Continental Shelf Research*, vol. 28, No. 12, pp. 1435–1442.
- Zendong, Zita, and others (2016). Algal toxin profiles in Nigerian coastal waters (Gulf of Guinea) using passive sampling and liquid chromatography coupled to mass spectrometry. *Toxicon*, vol. 114, pp. 16–27.
- Zhang, Bowen, and others (2017). Global manure nitrogen production and application in cropland during 1860–2014: a 5 arcmin gridded global dataset for Earth system modeling. *Earth System Science Data*, vol. 9, No.2, p. 667.
- Zhou, Chengxu, and others (2015). Interactions between *Karlodinium veneficum* and *Prorocentrum donghaiense* from the East China Sea. *Harmful Algae*, vol. 49, pp. 50–57.
- Zhou, Mingjiang, and others (2019). Responses of a coastal phytoplankton community to increased nutrient input from the Changjiang River. In *Studies of the Biogeochemistry of Typical Estuaries and Bays in China*, Zhilian Shen, ed.
- Zhu, Zhuo-Yi, and others (2017). Hypoxia off the Changjiang (Yangtze River) estuary and in the adjacent East China Sea: quantitative approaches to estimating the tidal impact and nutrient regeneration. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 125, Nos. 1 and 2, pp. 103–114.

Глава 11

Изменения в осаждении в морской среде жидких веществ и атмосферных осадков с суши (в том числе через грунтовые воды), судов и морских установок

Участники: Пенни Влахос (координатор: металлы), Бьёрн Эйнар Грёсвик (координатор: углеводороды), Колин Ф. Моффат (координатор: стойкие органические загрязнители), Алан Симкок (координатор: радиоактивность), Ларс Сонестен (координатор: атмосферные осадки), Ида-Майя Хасселлёв (координатор: суда) и Ральф Эбингхаус (координатор: фармацевтические препараты и средства личной гигиены), а также Бабаджиде Ало, Карлус Франсиску Андради, Эрик П. Ахтерберг, Мария Жуан Бебианно (ведущий участник), Ван Цзюйин (соведущий участник), Мигел Каэтану, Ким Сук Хюн, Рейнер Ломанн, Киссао Ньянди, Моника Станкевич и Хон Ги Хун.

Ключевые тезисы

Стойкие органические загрязнители

- Стойкие органические загрязнители (СОЗ), уровень концентрации которых не меняется, что, вероятно, повлечет за собой биологические последствия, продолжают оставаться в ряду глобальных проблем.
- СОЗ можно обнаружить в отдаленных местах, находящихся на большом расстоянии от источника их образования, в том числе в самых глубоких районах океана и полярных регионах.
- Количество СОЗ продолжает увеличиваться, и поэтому смеси веществ, в контакт с которыми вступает биота, становятся все более многосоставными, что еще больше затрудняет определение вероятности последствий для конкретных особей или всей популяции

Металлы

- Существует острая потребность в анализе и расширении временных рядов металлов в прибрежных зонах всего мира.
- Динамика изменения концентраций металлов варьируется в зависимости от региона, хотя в большинстве случаев наблюдается выравнивание уровней растворенных металлов и небольшое увеличение концентраций в организмах более высокого трофического уровня.

Радиоактивность

- Со времени проведения первой «Оценки состояния Мирового океана» значительных ядерных аварий, затронувших океан, не произошло (United Nations, 2017c).
- Объем вырабатываемой на атомных электростанциях электроэнергии продолжает увеличиваться, и в период с 2013 по 2018 год мировые показатели выросли примерно на 5 процентов. Усовершенствованные технологии, возможно, и приводят к сокращению объема выбросов многих радионуклидов, но объем выбросов трития, вероятно, только увеличивается на фоне развития атомной электроэнергетики. Вместе с тем третий обладает коротким периодом полураспада.

- Единственным регионом, по которому опубликована информация о недавних случаях сброса радиоактивных веществ с атомных электростанций и атомных перерабатывающих заводов в океан, является северо-восточная часть Атлантического океана и прилегающие моря. В этом районе объем выбросов радиоактивных веществ с атомных электростанций и атомных перерабатывающих заводов в океан продолжает сокращаться.
- С учетом имеющейся информации нет никаких оснований полагать, что со времени опубликования первой «Оценки состояния Мирового океана» неблагоприятное воздействие радиоактивности на океан значительно усилилось.

Фармацевтические препараты и средства личной гигиены

- В океане, в том числе в Арктике и Антарктике, обнаружены сотни фармацевтических препаратов и средств личной гигиены.
- Для нецелевого анализа этих фармацевтических препаратов и средств личной гигиены, а также их продуктов преобразования, попавших в морскую среду, разработаны новые аналитические методы.
- Следует составить «контрольный список» фармацевтических препаратов и средств личной гигиены и включить его в долгосрочные международные, национальные и региональные программы наблюдений, с тем чтобы он служил научной базой данных для оценки статуса фармацевтических препаратов и средств личной гигиены в океане.

Судоходство

- Во всем мире наблюдается тенденция к снижению количества судовых аварий, приводящих к разливам нефти (более 7 тонн), а формирование регионального потенциала в областях наблюдения и принятия соответствующих мер свидетельствует о повышении уровня осведомленности, результатом чего является сокращение числа инцидентов с разливом нефти.

- В целом существует пробел в знаниях о характере и последствиях осаждения жидких веществ с судов, и одним из новых источников проникновения металлов и полициклических ароматических углеводородов является сброс воды из систем промывки газа жидкостью (скрубберов).

Углеводороды

- Хотя известно, что вода, попутно добываемая при разведке нефти и газа и содержащая

как углеводороды, так и металлы, оказывает воздействие на морскую среду, существуют пробелы в знаниях о долгосрочных последствиях сброса такой воды.

- В целях расширения объема имеющихся знаний о данных о внутривидовой токсичности необходимо проводить дальнейшие исследования на уровне сообществ и популяций.
- Проблему для морской среды создает и ускоренный вывод из эксплуатации морских платформ.

1. Введение

С 2003 года химическое производство продолжает набирать обороты и эволюционировать. В то время как идет постоянная разработка новых химических продуктов, пополняющих уже существующие смеси химических веществ, с которыми вступает в контакт биота в океане, потенциальное географическое воздействие химической промышленности продолжает смещаться от региона Атлантического океана к региону Тихого океана, где, как ожидается, к 2030 году будет находиться около 70 процентов производственных мощностей этой отрасли.

Хотя международные организации составили целый ряд перечней опасных веществ, единого согласованного глобального перечня веществ, вызывающих обеспокоенность, до сих пор не

существует. В данной главе содержится оценка изменений, произошедших со времени проведения первой «Оценки», в осаждении в морской среде жидких веществ и атмосферных осадков с суши (в том числе через грунтовые воды), судов и морских установок. Кроме того, информация, содержащаяся в настоящей главе, дополняет анализ перечня опасных веществ, а именно СО₂, металлов, углеводородов и радиоактивных веществ, приведенных в первой «Оценке». В эту главу включена новая информация о редкоземельных элементах, фармацевтических препаратах и средствах личной гигиены и осаждении через атмосферу оксидов азота и серы, которые не упоминались в первой «Оценке».

2. Ситуация, о которой сообщалось в первой «Оценке состояния Мирового океана»

В главе 20 первой «Оценки» (United Nations, 2017b) определены источники, основные виды использования, производство и связанная с ними разработка, перемещение и воздействие различных опасных веществ, включенных в так называемые черные или серые списки вызывающих обеспокоенность веществ, которые были выявлены национальными органами и международными организациями. Эти списки легли в основу перечня «приоритетных веществ», в котором вещества перечисляются в зависимости от степени их токсичности, склонности к биоаккумуляции и продолжительности пребывания в океане. В этой связи опасные вещества, включенные

в первую «Оценку», были отобраны с учетом того, в отношении каких из них были приняты меры во всех или в некоторых частях Мирового океана, и включали: металлы (ртуть, свинец, кадмий), металлоорганические соединения (трибутиллово), СО₂ (например, галоидзамещенный углеводород), полициклические ароматические углеводороды и радиоактивные вещества. В настоящую оценку включены другие вещества, в том числе фармацевтические составы (предназначенные как для людей, так и для животных) и косметические ингредиенты (например, мускусный ксилол), выявленные в качестве новых загрязняющих веществ, вызывающих обеспо-

коенность. Были определены наземные точечные источники (станции очистки сточных вод или промышленные установки, сбрасывающие воду в океан напрямую или через реки), диффузные источники (сток с суши, просачивание грунтовых вод непосредственно в океан, случайные сбросы из наземных или морских источников) и атмосферные осаднения (влажное и сухое осаднение и выбросы из сточных вод и в ходе некоторых промышленных процессов), воздействие загрязнения из которых может распространяться на океан и затрагивать его, а также последствия таких загрязнений в некоторых районах.

Были также подчеркнуты готовность международного сообщества, представленного в Организации Объединенных Наций, и обязательства региональных сторон принимать меры по смягчению воздействия выявленных новых веществ. На основе имевшихся на тот момент данных было трудно проводить значимые сравнения между районами и устанавливать приоритеты, не в последнюю очередь потому, что данные об опасных веществах в воде, биоте или осадочных

породах были представлены в разных единицах. Методологические различия еще больше усложняли ситуацию, в связи с чем была подчеркнута необходимость контролировать процедуры отбора проб и аналитические методы. По этой причине в первую «Оценку» не было включено подробных рисунков, отражающих концентрации загрязняющих веществ. Отобранные опасные вещества были обнаружены во всех частях океана, а вещества, попадающие из водных источников, были сосредоточены в прибрежных районах, в то время как загрязняющие вещества переносились гораздо дальше в океан. В ходе первой «Оценки» не удалось разработать общую оценку относительного воздействия этих опасных веществ, однако удалось выявить незначительный прогресс, достигнутый в деле сокращения их концентрации в некоторых частях Мирового океана. В ней также отмечалось, что появляется все больше свидетельств значимости оседающих в океане металлов и других опасных веществ, поступающих из воздуха.

3. Стойкие органические загрязнители, в том числе стоки, возникающие в результате использования сельскохозяйственных пестицидов

3.1. Введение

Стойкие органические загрязнители представляют собой неоднородную группу (часто галогенизированных) веществ и, как следует из их названия, подолгу сохраняются в окружающей среде. Хотя в соответствии со Стокгольмской конвенцией о стойких органических загрязнителях¹ производство таких соединений, как полихлорированные дифенилы (ПХД), больше не разрешается, эта конвенция позволяет использовать вплоть до 2025 года оборудование, содержащее ПХД, тем самым обеспечивая существование потенциального и пусть и незначительного, но нового источника ПХД. Перемещение по трофическим уровням и экологическая рециркуляция ПХД означают, что они продолжают присутствовать в морских системах в концентрациях, которые могут пагубно сказаться на морской биоте.

По мере разработки других галоидзамещенных углеводов такие вещества лишь пополняют смеси CO₂, воздействию которых подвергается морская биота. Такие смеси и входящие в них вещества имеют весьма разные физико-химические свойства. Это означает, что для них характерны разные модели распределения в компонентах природной среды и сбалансированности распределения, а также разные аналитические требования.

Попадая в окружающую среду, CO₂ подвергаются рециркуляции и как при атмосферном переносе, так и при переносе океаническими течениями попадают в места, удаленные от источника их образования. Именно поэтому CO₂ по-прежнему

¹ United Nations, *Treaty Series*, vol. 2256, No. 40214.

вызывают беспокойство как в Арктике и Антарктике, так и во всем Мировом океане.

3.2. Ситуация, о которой сообщалось в первой «Оценке состояния Мирового океана»

Идет постоянная разработка новых веществ, и международные организации подготовили перечни химических веществ, обладающих опасными свойствами, в том числе галогенорганических веществ и пестицидов и/или биоцидов. Многие из них подпадают под действие Стокгольмской конвенции, но не все. Знания о масштабах присутствия этих опасных веществ в морской среде не отличаются достаточной полнотой. Основные результаты наблюдений, приведенные в первой «Оценке», были следующими:

- a) наличие СОЗ представляет собой глобальную проблему, и хотя их концентрация в открытом океане, как правило, небольшая, ее можно обнаружить при выявлении в тканях полибромированных дифениловых эфиров (ПБДЭ);
- b) повышенная концентрация СОЗ часто выявляется в урбанизированных и густонаселенных регионах, таких как густонаселенные прибрежные районы в Средиземноморье, Африке, Южной Америке и южной части Тихого океана, где также ведется активная промышленная деятельность;
- c) некоторые прибрежные районы подвергаются воздействию пестицидов;
- d) СОЗ были обнаружены в Арктике, и хотя их концентрация снижается, они, скорее всего, окажут биологическое воздействие на некоторых морских птиц и белых медведей;
- e) биологическое воздействие СОЗ, вероятно, будет выявлено в прибрежных районах северо-восточной части Атлантики;
- f) концентрации СОЗ в северо-западной части Атлантики и северо-восточной части Тихого океана достаточно небольшие, при этом наблюдается тенденция к их снижению;

- g) выявлено снижение концентраций СОЗ, но это, как правило, относится к конкретным участкам;
- h) заметное присутствие СОЗ наблюдается в большинстве прибрежных районов морей Восточной Азии;
- i) беспокойство вызывает воздействие пестицидов, используемых в ходе интенсивного ведения сельского хозяйства вдоль северо-восточного побережья Австралии, на Большой Барьерный риф;
- j) комплексные исследования и временные ряды преобладают в северных районах Атлантики, в Арктике, Балтике и Северном Средиземноморье.

3.3. Описание изменений в окружающей среде в период с 2010 по 2020 годы

По-прежнему вызывает беспокойство содержание СОЗ в морской среде, особенно в организмах главных хищников, таких как китообразные, средняя концентрация подкожных ПХД которых, как было установлено, может привести к сокращению популяции и подорвать процесс ее восстановления (Jepson and others, 2016). В дополнение к «унаследованному СОЗ» в Стокгольмскую конвенцию (Стокгольмская конвенция, 2018)² регулярно добавляются новые СОЗ, представляющие угрозу для морской среды, в том числе пестициды, промышленные химикаты и побочные продукты.

Во многих исследованиях основное внимание по-прежнему уделяется унаследованным химическим веществам, включая ПХД и дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) (а также его метаболитам дихлорбифенилтрихлорэтану и дихлордифенилдихлорэтилену). Вместе с тем ПБДЭ не входили в число первоначальных 12 СОЗ, охваченных Стокгольмской конвенцией, и по-прежнему группируются вместе с новыми загрязняющими веществами, несмотря на то что за их содержанием в морских системах наблюдают уже на протяжении многих лет. ПБДЭ входят в число 16 «но-

² В качестве СОЗ, сопряженных с пагубными последствиями, признаются следующие двенадцать: альдрин, хлордан, дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ), дильдрин, эндрин, гептахлор, гексахлорбензол, мирекс, токсафен, полихлорированные дифенилы (ПХД), полихлордибензодиоксины и полихлордибензофураны (ПХДД/ПХДФ).

вых» СОЗ, которые были включены в Конвенцию в 2009 году. К ним относятся пентахлорбензол, полихлорированные нафталины, хлорированный парафин с короткой цепью, перфтороктановая сульфоновая кислота (ПФОС), ее соли и перфтороктановый сульфонилфторид (ПФОСФ)³. К химическим веществам, рекомендуемым для включения в перечень, относятся дикофол и пентадекафтороктановая кислота (перфтороктановая кислота), ее соли и соединения, связанные с этой кислотой. К химическим веществам, изучаемым Комитетом по рассмотрению стойких органических загрязнителей⁴, относятся перфторгексансульфоновая кислота, ее соли и соединения, связанные с этой кислотой. Включение дополнительных молекул хлора, а также бромированных и фторированных соединений означает, что спектр загрязняющих веществ, охватываемых термином «СОЗ», значительно расширился, в результате чего перед лабораториями, занимающимися сбором и изучением аналитических данных по окружающей среде, встанут новые задачи. В заливе Ферт-Оф-Клайд были обнаружены хлорированные парафины с короткой цепью, однако их концентрация была методоспецифической (Hussy and others, 2012), и, скорее всего, это связано с наличием значительных концентраций хлорированных парафинов со средней и длинной цепью.

В недавнем проекте доклада о прогрессе в деле ликвидации ПХД (Стокгольмская конвенция, 2018 год) было подчеркнуто, что по многим странам имеется лишь небольшой объем соответствующей количественной информации, если таковая вообще имеется. В некоторых регионах мира продолжается обширная аналитическая работа, результаты которой свидетельствуют о высоких концентрациях ПХД в организмах некоторых главных хищников, что может повлечь за собой последствия для всей популяции (Desforges and others, 2018) или изменения в функции жира у молодых особей тюленей (Robinson and others, 2018). Оба эти примера приводятся в контексте северо-восточной части Атлантики. Согласно по-

следним данным по Арктике, основанным на долгосрочных временных рядах ПХД в организмах морских млекопитающих и рыб, концентрации в целом снижаются (Carlsson and others, 2018), хотя в последние годы темпы снижения замедляются (Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 2016; Boitsov and others, 2019). С течением времени снижение концентрации гексахлорбензола (ГХБ) в печени рыбы оказалось менее существенным, нежели снижение концентраций ПХД, ДДТ и его метаболитов, транс-нонахлора и ПБДЭ (Boitsov and others, 2019). Вместе с тем существуют исключения, связанные с изменением рациона питания или изменением экологических процессов, которые оказывают влияние на стоки и повторные выбросы (AMAP, 2016). Например, значительные тенденции к увеличению концентрации группы из 10 ПХД наблюдаются у голубых мидий в Исландии и молодых особей белых медведей в восточной части Гренландии, а также у двух временных рядов голубых мидий в Исландии (AMAP 2016).

Имеются некоторые свидетельства того, что масштабы присутствия СОЗ, таких как ПХД, достигшие пика в водах океана в 1970-х годах, с тех пор сокращаются (Wagner and others, 2019). На фоне снижающихся концентраций СОЗ в атмосфере в Северном Ледовитом океане начался процесс высвобождения этих унаследованных СОЗ, которые попадают обратно в атмосферу и через течения – в Атлантический океан (Ma and others, 2018).

Хотя концентрация ПХД в организмах рыб и моллюсков и ракообразных в Северо-Восточной Атлантике снизилась, проблемы на местах никуда не исчезли. Из семи ПХД, выявленных Международным советом по исследованию моря⁵ только ПХД118 обнаружен в организмах рыб и моллюсков и ракообразных в таких концентрациях, которые могут привести к биологическим последствиям (Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR), 2017b). Концентрация остальных шести ПХД, как правило, выше учтенных в оценке

³ URL: <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/TheNewPOPs/tabid/2511/Default.aspx>.

⁴ Комитет по рассмотрению стойких органических загрязнителей является одним из учрежденных в соответствии со Стокгольмской конвенцией вспомогательных органов, который занимается рассмотрением химических веществ, предлагаемых для включения в приложения к Конвенции.

⁵ ПХД28, ПХД52, ПХД101, ПХД118, ПХД138, ПХД153 и ПХД180.

фоновых концентраций, хотя в 4 из 11 районах оценки загрязняющих веществ, определенных Комиссией OSPAR по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (Комиссия OSPAR), на уровне фоновой концентрации находится концентрация ПХД₂₈. Кроме того, в 9 из 10 районов оценки загрязняющих веществ, где можно проследить изменения во времени, наблюдается тенденция к снижению концентраций. Аналогичное состояние характерно и для ПБДЭ в рыбах, мидиях и устрицах в большинстве районов оценки Конвенции о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (OSPAR)⁶, при этом снижение концентраций было отмечено во всех районах, за исключением Скагеррака и Каттегата, где изменений концентраций не наблюдается (OSPAR, 2017b).

ПХД были обнаружены в рыбах, обитающих на глубине от 600 до 1800 метров на европейском континентальном склоне к западу от Шотландии, Соединенное Королевство (Webster and others, 2014). Концентрации семи выявленных Международным советом по исследованию моря ПХД в печени трех видов рыб значительно отличались друг от друга и варьировались от 58,7 нанограмм на грамм (нг/г) липидной массы у угольщика до 3587 нг/г липидной массы у тупорылого макруруса. Концентрации в основном составляли менее 500 нг/г липидной массы (или <1 250 нг/г липидной массы для 28 ПХД в совокупности) — значение, которое, согласно некоторым исследователям, вызывает обеспокоенность. В печени 23 из 95 рыб, отобранных в период с 2009 по 2012 год включительно, концентрации семи выявленных Советом ПХД составляли более 500 нг/г липидной массы. Концентрация ПХД₁₁₈ была на таком уровне, при котором биологические последствия, вероятно, будут наблюдаться у всех трех видов рыб. Несмотря на разную концентрацию у разных видов, в период 2006–2012 годов не было обнаружено ни тенденций во времени, ни различий в концентрациях на разных глубинах. Кроме того, концентрации ПХД были изучены и в видах-жертвах (включая светящихся анчоусов и меламафеовых) и были значительно ниже концентраций, выявленных среди хищников. У хищников были также обнаружены

ПБДЭ, но их концентрация была значительно ниже концентрации ПХД.

Средние концентрации ПХД в осадочных породах большой акватории Северного моря и Кельтского моря, как правило, значительно выше фоновой концентрации конгенеров, но ниже концентраций, определенных в соответствии с критериями оценки воздействия на окружающую среду (OSPAR, 2017b). Хотя было обнаружено, что ПБДЭ содержатся в осадочных породах как в северной части Северного моря, так и в Ирландском море, большинство измеренных концентраций ПБДЭ в осадочных породах низкие и часто ниже уровней обнаружения. Вместе с тем отсутствие критериев оценки ПБДЭ в осадочных породах означает невозможность определения экологической значимости наблюдаемых концентраций ПБДЭ (OSPAR, 2017b).

На основании индекса воздействия на Балтийское море (Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM), 2018a) в качестве второго по величине фактора давления в этом море определено проникновение в него опасных веществ (HELCOM, 2018a, 2018b). Что касается СОЗ, то ПХД, диоксины и фураны, как представляется, не входили в число основных катализаторов изменения статуса комплексной оценки в 2011–2016 годах. Как показывают данные, количество ПХД и полихлордибензодиоксинов и дибензофуранов (ПХДД/ПХДФ), осаждаемых из атмосферы, неуклонно уменьшается за счет повышения эффективности различных процессов горения и хлорирования (HELCOM, 2018b). Гексахлорциклогексан (γ-ГХЦГ, линдан), а также ДДТ и его метаболиты (дихлорбифенилдиолорэтан и дихлордифенилдиолорэтилен) больше не считаются веществами, вызывающими серьезную обеспокоенность применительно к Балтийскому морю. Уменьшение их количества обуславливает более успешное размножение орлана-белохвоста (Индикаторы ХЕЛКОМ, 2018с). Вместе с тем высокая концентрация ПБДЭ в рыбе является одним из основных факторов, усугубляющих на данный момент общее состояние Балтийского моря. Кроме того, сообщается о ненадлежащем поступлении ПХД, загрязняющих пищевую цепь в лагуне Лагос в Нигерии, что стало результатом ве-

⁶ United Nations, *Treaty Series*, vol. 2354, No. 42279.

дения определенной деятельности на суше (Alo and others, 2014).

Даже несмотря на то что объем осаднений ПХДД/ПХДФ в Балтийском море сокращается, основным внешним источником загрязнения, как было установлено, являются атмосферные осаднения, и в прибрежных районах Северо-Восточной Атлантики, а также Балтийского, Средиземного и Каспийского морей объем таких осаднений все еще заметно превышает норму (Wiberg and others, 2013). Хотя намеренного производства ГХБ в мире не наблюдается уже несколько десятилетий (например, Wang and others, 2010), а выбросы ПХДД/ПХДФ должны были прекратиться в 2018 году (Josefsson and Apler, 2019), в прибрежных районах Северо-Восточной Атлантики, а также в районах Балтийского, Средиземного и Каспийского морей из атмосферы осадняется достаточно большое количество ПХДД/ПХДФ и ГХБ.

Очевидно, что в атмосфере продолжают присутствовать различные СОЗ (рисунок 1), причем наибольшая концентрация ПХД153 зарегистри-

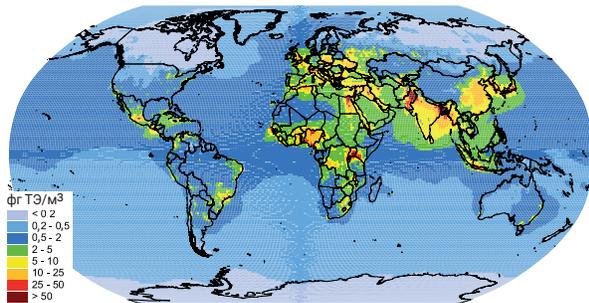
рована над территорией Западной Европы (рисунок 1.В). Над территорией Европы были также обнаружены высокие концентрации ПХДД/ПХДФ в атмосфере (рисунок 1.А).

В течение многих лет ПБДЭ используются в качестве ингибиторов горения и уже получили широкое распространение в морских системах. Как и в случае с другими смесями СОЗ (например, ПХД), концентрации содержат в себе небольшое количество возможных конгенеров. Благодаря своей липофильной природе ПБДЭ, как и ПХД, могут удерживаться в осадочных породах. Согласно пробам, отобранным до 2010 года, в ходе глобального обзора концентраций ПБДЭ удалось сделать вывод о том, что в большинстве осадочных пород открытого океана концентрации варьируются не так сильно и составляют приблизительно 1 нг/г (Zhang and others, 2016). Этого нельзя сказать об осадочных породах, которые находятся близко к источнику загрязнения и в которых концентрации превышают 7000 нг/г. Вместе с тем ПБДЭ были обнаружены в амфиподных как в Мари-

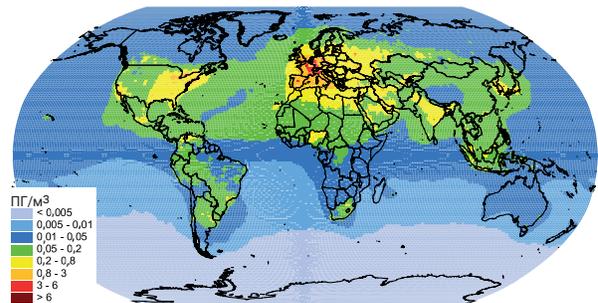
Рисунок 1

Пространственное распределение среднегодовых концентраций, смоделированное на 2016 год

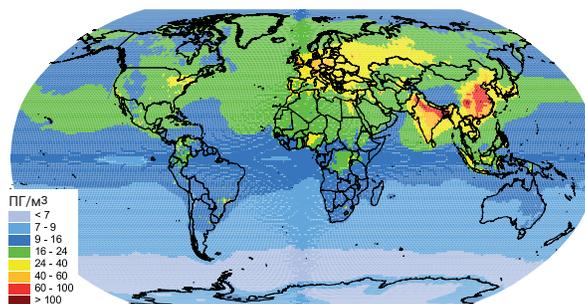
А) ПХДД/ПХДФ (фемтограммы, токсический эквивалент/м³)



В) ПХД153 (пиктограммы/м³)



С) ГХБ153 (пиктограммы/м³)



Источник: Gusev, A., and others, 2018.

анской впадине, так и в желобе Кермадек, при этом наибольшая глубина, с которой была взята проба, составляла 10 250 м. Концентрация для суммы из семи конгенов варьировалась от 9,33 нг/г липидной массы до 318,71 нг/г липидной массы. В этих пробах также были обнаружены ПХД, причем концентрация для суммы из семи конгенов составляла от 62,02 нг/г липидной массы до 1 866,25 нг/г липидной массы (Jamieson and others, 2017). Несмотря на нехватку данных по СОЗ в открытом океане, имеющиеся данные четко свидетельствуют о том, что эти химические вещества по-прежнему повсеместно присутствуют в морских компонентах, находящихся вдали от источников загрязнения. Было установлено, что в 2012 году концентрации ПБДЭ47 и ПБДЭ99 в водах к западу от Лос-Анджелеса, Соединенные Штаты, превысили 12 500 пикограмм на литр (пг/л). В последующих пробах воды, отбираемых каждый раз во все более западных участках, равноудалённых друг от друга (в направлении Гонолулу, Соединенные Штаты), концентрации были очень низкими (< 20 пг/л), но ПБДЭ были заметны во всех из них (Sun, 2015). Дальнейшие исследования показывают наличие в атмосфере, осадочных породах, поверхностных и более глубоких водах Северного Ледовитого океана и северной части Атлантического океана фосфаторганических веществ, не поддерживающих горение, и ПБДЭ (Li and others, 2017; Ma and others, 2017; McDonough and others, 2018). В настоящее время предполагается, что наиболее широко распространенным способом переноса на большие расстояния фосфаторганических веществ, не поддерживающих горение, и ПБДЭ является атмосферный перенос (Sühring and others, 2016; Vorkamp and others, 2019). В связи с этим необходимо продолжать наблюдение за этими соединениями.

Было установлено, что в организмах рыб, обитающих в Южно-Китайском море, содержатся ПБДЭ, ПХД и ДДТ и его метаболиты, однако показатели их концентрации в мышечной ткани (сумма из 8 конгенов ПБДЭ и сумма из 19 конгенов ПХД < 200 нг/г липидной массы) находятся в нижней части мирового диапазона, а сами концентрации являются результатом привычек питания различных видов рыб (Sun and others, 2014). Согласно более свежим данным, полученным в Южно-Китайском море по целому ряду видов

(ксантидный краб, осьминог тонкорукий, конус полосатый, рыба-попугай боверси, большеглазая ставрида и щукорыл), проживающих на атолле Сюаньдэ, ПХД, ПБДЭ и ДДТ и его метаболиты встречаются в различных компонентах этой морской экосистемы; концентрация ПХД (17 конгенов) варьировалась от 8,8 нг/г липидной массы у осьминога тонкорукого до 117,9 нг/г липидной массы у щукорыла (Sun and others, 2017).

В осадочных породах, переносимых из Берингова моря через Берингов пролив и из Чукотского моря, Канадского бассейна и котловины Фрама к исландским станциям (центральная часть Северного Ледовитого океана), содержатся хлороорганические пестициды, ПХД и ПБДЭ. На глубинах ниже 500 м в верхних 5 см осадочных пород содержатся 286 ± 265 пг/г сухой массы ПХД (47 конгенов), концентрации которых превышают концентрации в осадочных породах, находящихся на большей глубине (149 ± 102 пг/г сухой массы). Имеются также некоторые свидетельства увеличения концентраций ГХБ в осадочных породах, по крайней мере в Балтийском море (Josefsson, 2018), в то время как в некоторых компонентах природной среды в Китае наблюдается минимальное изменение концентраций ГХБ, обнаруженных в подкожном слое беспёрых морских свиной, обитающих в Южно-Китайском море. В период между 1990 годом, когда диапазон концентраций ГХБ составлял 140–230 нг/г липидной массы, и 2000/2001 годом, когда диапазон составлял 87–250 нг/г липидной массы, различия в концентрациях были минимальными (Wang and others, 2010). Отсутствие снижения или даже повышение уровня ГХБ может быть сопряжено с непреднамеренным производством ГХБ в качестве побочного продукта в ходе различных процессов горения и хлорирования (Josefsson and Apler, 2019).

Нет никаких сомнений в том, что, помимо широко распространенного загрязнения морской среды СОЗ, существуют локализованные «очаги загрязнения», связанные с расширением городских зон и строительством промышленных предприятий. Ежедневно в лагуну Лагос сбрасывается смесь СОЗ, обладающая сложным составом. Наряду с прямыми сбросами очевидными источниками загрязняющих веществ являются опилки и другие наземные бытовые отходы. Интерес представляют такие СОЗ, как хлороорганические

пестициды, поскольку в Нигерии и других развивающихся странах эти пестициды, включая ДДТ и линдан, по-прежнему используются для борьбы с вредителями и в качестве инсектицидов.

Еще одним «очагом» скопления СОЗ названо Средиземноморье (Marsili and others, 2018 и ссылки в таблице 7.1). Средние концентрации ПХД в подкожном жире у афалин в Амвракийском заливе в 2013 году были ниже (26 770 нг/г липидной массы; Gonzalvo and others, 2016) средних концентраций, наблюдаемых у этого же вида в северной части Адриатического моря в 2011 году (110 460 нг/г липидной массы; Jepson and others, 2016). Вместе с тем средняя концентрация ПХД у афалин в северной части Адриатического моря была приблизительно на 40 000 нг/г липидной массы выше средней концентрации у особей этого вида, обитающих в Шотландии, Соединенное Королевство, пробы которых отбирались в период 2004–2012 годов. В Мексиканском заливе (Техас, Соединенные Штаты), на Гавайских островах, Соединенные Штаты, и острове Реюньон, Франция, значения составляли 47 700 (Balmer et al. (2015), 11 800 (Bachman and others, 2014) и, соответственно, 5200 (Dirtu and others, 2016) нг/г липидной массы, причем все пробы были отобраны у этих особей в период 2009–2012 годов. Средняя концентрация ПХД в подкожном жире кашалотов в Корсо-Лигурийском бассейне Средиземного моря в период 2006–2013 годов составляла 24 240 нг/г липидной массы у самцов и 16 880 нг/г липидной массы у самок (Marsili and others, 2018, таблица 7.2 и ссылки в таблице; Pinzone and others, 2015). Она было не настолько высокая, как в Лигурийском море и Лионском заливе (107 810 нг/г липидной массы; Praca and others, 2011), где пробы отбирались в период 2006–2009 годов, но значительно превышала среднюю концентрацию в особях на Галапагосских островах (1320 нг/г липидной массы) и в Папуа – Новой Гвинее (1140 нг/г липидной массы) в 2000 и, соответственно, 2001 годах, (Godard-Coding and others, 2011).

Несмотря на снижение показателей, изменение концентрации дильдрин в арктической биоте происходит медленно, что согласуется с результатами наблюдений за концентрациями в атмосфере, где за период с 1993 по 2016 год изменение было очень незначительным. В арктической биоте показано также снижение концентрации хлорданных соединений (AMAP, 2016). Показатели

других «унаследованных» СОЗ (например, α -НСН, β -НСН и γ -НСН, ПХБ), содержащихся в арктической биоте, схожи с представленными выше показателями.

Как подчеркивалось ранее, существует целый ряд фторированных соединений, которые вызывают все больший интерес. На прибрежных участках в восточной части Северного моря концентрации перфтороктановой кислоты составляли, согласно результатам наблюдений, 3,8 нанограмма на литр (нг/л), а ПФОС – 1,8 нг/л. На участках, располагающихся все ближе к открытому морю, концентрации перфтороктановой кислоты снижались до 0,13 нг/л, а ПФОС – до 0,09 нг/л (Theobald, and others, 2011). Перфторированные соединения (ПФС) обнаружены у морских птиц, обитающих в районах Балтийского моря (Rubarth and others, 2011), рыб, пойманных в районе Чарльстона, Южная Каролина, Соединенные Штаты (Fair and others, 2019), ряда морепродуктов в Республике Корея (Jeong, and others, 2019), а также в морской цепи питания в Арктике (Butt, and others, 2010) и в биоте в Антарктике, что свидетельствует о том, что эти СОЗ так же широко распространены в окружающей среде мира, как и первоначальные 12 СОЗ, подробно рассмотренные в Стокгольмской конвенции.

В последнее десятилетие было документально подтверждено присутствие пер- и полифторированных алкильных веществ в Северном Ледовитом и Мировом океанах (Ahrens and others, 2010; Benskin and others, 2012; Yeung and others, 2017). Поэтапный отказ от производства перфтороктановой кислоты и ПФОС в Соединенных Штатах Америки и Европе приведет к снижению концентраций в поверхностном слое океана (Zhang, and others, 2017), в то время как концентрации пришедших им на смену пер- и полифторированных алкильных веществ, скорее всего, повысятся. Наблюдаемые высокие концентрации ПФОС в Южной Атлантике могут быть сопряжены с использованием в Бразилии в качестве пестицида какого-нибудь химиката-прекурсора (González-Gaya and others, 2014).

Конечная проблема остается нерешенной, поскольку изобретательность человека привела к производству широкого спектра галоидзамещенных углеводов, которые принесли значительную пользу человечеству, но были обнаружены в абиотической и биотической средах

в глобальном масштабе. Последствия наличия этих соединений для морской биоты, особенно при биологической амплификации, по-прежнему до конца неясны, в частности в связи с тем, что программы по наблюдению, как правило, направлены на какую-либо подгруппу соединений, а не на полный спектр фторированных, хлорированных и бромированных соединений, которые, как известно, присутствуют в морской среде и которые являются частью нагрузки загрязняющими веществами организмов отдельных животных. В связи с токсичностью и биоаккумуляцией каждого из этих соединений необходимо провести детальное изучение каждой подгруппы.

3.4. Экономические и социальные последствия и/или другие экономические или социальные изменения

Потенциально неприемлемый риск для водных организмов представляют высокотоксичные соединения, такие как γ -ГХГ и p,p' -ДДТ. В более широком плане рискам подвергаются животные, находящиеся на вершине пищевой цепи, а также люди. Было показано, что из всех СОЗ в Гвинейском заливе, которые подлежали оценке и экстраполяции, наиболее стойкими являются остатки пестицидов γ -ГХГ и p,p' -дихлордифенил-дихлорэтилен. Кроме того, было обнаружено, что γ -ГХГ также обладают высоким потенциалом для переноса на большие расстояния. Тот факт, что такие соединения могут подвергаться диоксиноподобной токсичности биоту лагуны, является одним из показателей вероятного создания ими риска для здоровья биоты и человека (Rose and others, 2017).

По мере глобального изменения климата, сопровождаемого повышением температур и дезоксигенацией океана, морские растения и животные будут подвергаться дополнительному стрессу. К дополнительному стрессу может привести и снижение уровня pH. Морские растения и животные, которые уже испытывают на себе определенный стресс из-за нагрузки загрязняющими веществами, могут стать более уязвимыми. Для того чтобы понять последствия наличия множественных стрессоров не только для биоразнообразия, но и для промысла моллюсков и

ракообразных и рыб в случае, если последствия будут сказываться на всей популяции, необходимо проводить исследования.

Концентрации СОЗ сами по себе могут вызывать неблагоприятные биологические последствия, которые могут ощущаться за пределами уровня отдельного морского растения или животного. Локализованное воздействие на популяцию или воздействие в тех случаях, когда концентрация загрязняющих веществ превышает концентрацию, соответствующую нормативным требованиям, могут пагубно сказаться на местных отраслях промышленности. В 2018 году Группа экспертов по вопросам загрязняющих веществ в пищевой цепи Европейского агентства по безопасности продуктов питания сократила допустимую недельную дозу диоксинов и диоксиноподобных ПХД в пищевых продуктах до 2 пг на кг массы тела, что в семь раз меньше предыдущей допустимой дозы этих веществ, утвержденной в Европейском союзе⁷. Эта доза сопоставима с давно установленной Всемирной организацией здравоохранения допустимой дневной дозой диоксиноподобных ПХД, фактор токсичной эквивалентности которых составлял 1–4 пг на кг массы тела. Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), которая обеспечивает секретариатское обслуживание Сети по ликвидации ПХД, недавно опубликовала доклад (UNEP and United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), 2018) с подробным описанием прогресса в деле ликвидации ПХД к крайнему сроку, установленному в Стокгольмской конвенции на 2028 год. В настоящее время Стороны не в состоянии достичь цели, намеченной на 2028 год. Следствием этого является необходимость продолжать следить за концентрациями СОЗ как для понимания воздействия все более сложной смеси антропогенных химических веществ на морские системы, так и для оценки концентраций в морепродуктах. Рыбы и моллюски и ракообразные являются одним из ценных источников питательного белка, который должен быть безопасен для употребления в пищу. Для этого требуются сокращение объема выбросов, сбросов и выделений СОЗ, а также снижение их концентраций в морской биоте.

⁷ URL: www.efsa.europa.eu/en/press/news/dioxins-and-related-pcbs-tolerable-intake-level-updated.

4. Металлы

4.1. Введение

По всему миру по-прежнему происходит перенос повышенных концентраций металлов, что может сказаться на жизни людей и окружающей среде даже в отдаленных местах. Несмотря на то что металлы формируются естественным образом и попадают в окружающую среду из природных источников, антропогенные выбросы становятся неотъемлемой частью потоков частиц металлов и даже превалируют в потоках определенного ряда металлов. В настоящую главу включены высокотоксичные металлы, такие как ртуть, кадмий и свинец, а также трибутилолово, которые были рассмотрены в первой «Оценке», и редкоземельные элементы.

4.2. Ситуация, о которой сообщалось в первой «Оценке состояния Мирового океана»

Хотя в первой «Оценке» обсуждались источники, основные виды использования, производство и воздействие металлов (ртути, кадмия и свинца) и трибутилолова, а также соединения, разрушающего эндокринную систему, в связи с использованием различных аналитических методов и представлением данных в разных единицах сравнение оказалось проблематичным.

Было установлено, что основными объектами, на которые приходится большой объем выбросов ртути в атмосферу, являются установки, предназначенные для сжигания, прежде всего, угля, и кустарные, мелкомасштабные золотодобывающие шахты. По оценкам ЮНЕП, на основе данных за 2010 год доля выбросов из этих источников составляла примерно 50 процентов от общего объема антропогенных выбросов ртути (UNEP, 2019).

4.3. Описание изменений в окружающей среде в период с 2010 по 2020 годы

Эффективность наблюдений за концентрациями металлов в Мировом океане за последние десять лет повысилась, главным образом благодаря таким комплексным инициативам, как между-

народная программа GEOTRACES. Наблюдения за прибрежными районами и оценки тенденций отсутствуют в большинстве регионов, за исключением регионов, охватываемых Комиссией по защите морской среды Балтийского моря, Конвенцией о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики и Программой мониторинга и оценки состояния Арктики, и в связи с этим сосредоточены на европейских побережьях и североатлантическом и арктическом регионах. Сложившиеся на данный момент тенденции варьируются в зависимости от региона и конкретных металлов. Как правило, в случае свинца и кадмия в водной толще наблюдается выравнивание концентраций. Вместе с тем концентрации ртути в рыбе и другой биоте в арктических регионах, по-видимому, повышаются. Приоритет должен отдаваться усилиям по решению проблемы отсутствия данных временных рядов в ключевых регионах, в частности в Южной Атлантике и южной части Тихого океана, особенно в условиях изменения мировой температуры и повышения степени прогнозируемой мобильности металлов. Такие усилия имеют особую значимость для регионов, в которых наблюдается сокращение зон вечной мерзлоты, что позволит мобилизовать металлы и усилить их воздействие на виды разных пищевых цепей. Согласно глобальным данным по улову рыбы⁸, во всех регионах имеются по крайней мере несколько видов более высокого трофического уровня, в организмах которых содержание металлов выше рекомендованного, и, следовательно, такому воздействию подвергаются все регионы океана. В итоге концентрации кадмия, ртути и свинца, обнаруживаемые в биоте, по-прежнему превышают фоновый уровень, причем при наличии как временных, так и пространственных различий. Давлению продолжают подвергаться и главные хищники, причем одним из способствующих этому факторов являются высокие концентрации металлов.

По данным Всемирного архива статистических данных по минеральным ресурсам (Brown and others, 2019), за последнее десятилетие объем ежегодного мирового производства кадмия практически не изменился и составляет около

⁸ URL: www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture.

21 000–26 000 тонн, хотя в период 2014–2017 годов объем производства был выше. Объем производства свинца в шахте снизился почти на 10 процентов по сравнению с 2013–2014 годами, на которые пришелся пиковый объем производства, составлявший 5 300 000 тонн в год. В течение того же периода объем производства рафинированного свинца оставался практически неизменным и составлял около 11 000 000 тонн. Только на Китай приходится около половины годового объема производства свинца. В период с 2010 по 2012 год объем годового производства ртути удвоился и в 2017 году достиг 4 000 000 тонн (Brown and others, 2019). Кроме того, за этот период Китай, являющийся основным производителем, увеличил свою долю с порядка 75 до практически 90 процентов.

В настоящее время, исходя из данных за 2015 год, ЮНЕП считает, что 60 процентов от общего объема антропогенных выбросов ртути в атмосферу приходится на сжигание угля в стационарных источниках горения и кустарную добычу золота (UNEP, 2019). Вместе с тем неясно, связана ли эта разница по сравнению с 2010 годом с получением более детальной информации или с фактическими изменениями в объеме выбросов, которые приходятся на эти сектора. В целом около 30 процентов от объема выбросов общей ртути в атмосферу приходится на долю совокуп-

ных антропогенных выбросов, в то время как, по оценкам, 60 процентов приходится на долю таких естественных процессов, как испарение ранее осевшей в почве и воде ртути, а оставшиеся 10 процентов — на долю естественных выбросов вулканов (UNEP, 2019).

Глобальное пространственное распределение выбросов ртути в атмосферу и атмосферных осадений позволяет выявить крупные «очаги» в Восточной и Южной Азии, Центральной Африке, Южной Америке, а также в Центральной Америке и юго-восточной части Северной Америки (рисунок II). Субконтинентальные данные, внесенные в глобальный реестр в 2015 году, весьма схожи с данными за 2010 год.

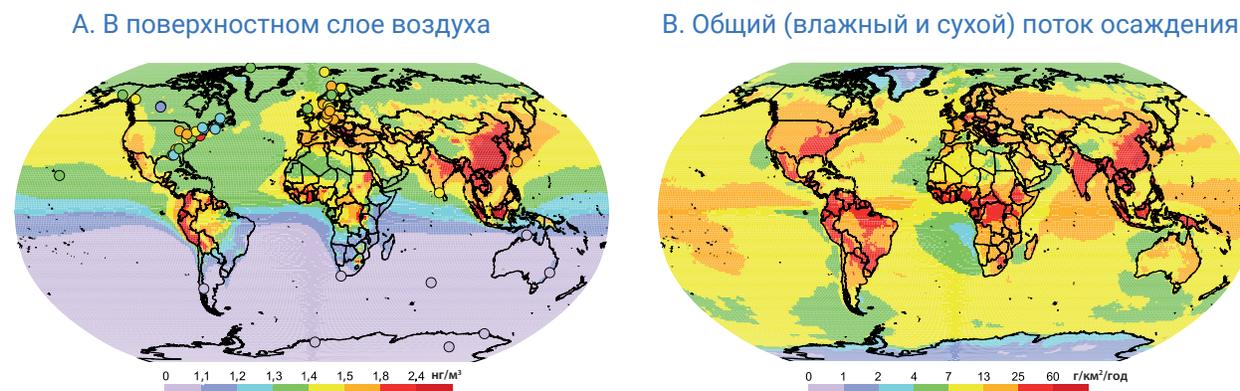
4.4. Основные изменения и последствия в конкретных регионах

4.4.1. Северный Ледовитый океан

Арктика подвергается быстрым изменениям и является объектом все более активных исследований и наблюдений. Прогнозируется, что оттаивание вечной мерзлоты будет способствовать более активному переносу содержащихся на суше ртути и других металлов в прибрежную среду Арктики (Fisher and others, 2012). Со временем металлы не исчезают, но могут удерживать-

Рисунок II

Глобальное распределение заложенных в модель совокупных концентраций ртути (Hg^0) в 2015 году



Источник: Ilyin, I., and others, 2018.

ся в осадочных породах. Вместе с тем данные о металлах, содержащихся в осадочных породах Арктики, ограничены. Средняя концентрация кадмия в биоте Баренцева моря (северо-западное побережье Норвегии) превышала концентрации, учтенные в оценке фоновых концентраций OSPAR, но была значительно ниже максимального уровня, установленного Европейской комиссией для пищевых продуктов (OSPAR, 2017d). Что касается ртути и свинца, то их средние концентрации находились в пределах концентраций, учтенных в оценке фоновых концентраций. Ни у одного из этих металлов не была выявлена тенденция к повышению концентраций в толще воды.

Обзор концентрации ртути в морской среде арктических районов Канады показал, что, хотя понимание биогеохимического цикла этого металла улучшилось, необходимо провести дальнейший разбор его характеристик. Концентрация общей ртути в осадочных породах Гудзонова залива ниже (8–58 нг/г сухой массы) ее концентрации в других морских регионах приполярного Северного Ледовитого океана (например, до около 290 нг/г сухой массы, побережье Гренландии, 2000 год) (Fisher and others, 2012).

Объем запасов ртути, содержащихся в вечной мерзлоте, трудно подсчитать, и верхние слои почвы в Арктике, вероятно, содержат некоторую часть унаследованной ртути. В то время как нынешние оценки количества ртути, попадающего в прибрежную Арктику через реки, основаны на ограниченных данных и моделях, а сами показатели варьируются от 13 до 80 мегаграммов в год (Dastoor and Dunford, 2014), количество ртути, попадающее в этот регион в результате береговой эрозии, составляет, согласно оценкам, 15–30 мегаграммов в год (Soerensen and others, 2016). В соответствии со сценариями, предусматривающими увеличение стока с суши до 30 процентов, концентрация ртути в реках может возрасти до шести раз (Jonsson and others, 2017). В результате речного переноса в прибрежные зона также попадает значительное количество токсичной ртути, а именно метилртути. Нынешние оценки потоков не могут дать полную картину концентраций ртути в Арктике, и, таким образом, гипотетически основная переработка ртути происходит в прибрежных зонах и сопровождается улетучиванием газообразных видов ртути в атмосферу (Heimbürger and others, 2015).

Сохраняются значительные пространственные различия в показателях концентрации общей ртути в арктической биоте, в том числе применительно к морским млекопитающим и птицам. Что касается птиц (толстоклювая кайра), то в организмах тех из них, которые размножаются в более высоких широтах, концентрация общей ртути увеличилась. В период 1975–2012 годов наблюдалось увеличение концентраций общей ртути в яйцах морских птиц (различных видов). Хотя причины увеличения остаются неясными, скорее всего, они включают множество разных факторов. Установлено, что в мышечных тканях атлантических полярных акул содержатся высокие концентрации общей ртути ($1,62 \pm 0,52$ мкг/г сырого веса), что соответствует их высокому трофическому уровню в арктической морской пищевой цепи.

В четвертой Глобальной оценке ртути (2018 год) (UNEP, 2019), которая была подготовлена совместно ЮНЕП и Программой мониторинга и оценки состояния Арктики, подчеркивается следующее:

- a) таяние морского льда в Арктике в результате изменения климата способствует более активному обмену ртутью между океаном и атмосферой;
- b) в прибрежных арктических районах Норвегии уровни содержания ртути в атмосфере несколько выше, чем в Гренландии, что является непосредственным результатом ее переноса с континентальной Европы, особенно зимой и весной;
- c) в Арктике в основном наблюдается перенос ртути через атмосферу на большие расстояния;
- d) сухое осаднение ртути может быть актуальным для внутренних районов арктической тундры;
- e) при сохранении нынешней политики количество осаждающейся в Арктике ртути к 2035 году не уменьшится;
- f) последствия изменения климата быстро сказываются на морских экосистемах в Арктике, что повышает значимость этого региона в деле формирования глобального понимания тенденций, связанных с ртутью;

- g) арктические птицы, как правило, подвержены умеренному или низкому риску, исходящему от ртути;
- h) некоторые морские млекопитающие Арктики подпадают под категорию высокого риска в результате поглощения метилртути в ходе питания, причем концентрация ртути в мышечных тканях черных дельфинов находится в верхней части диапазона концентраций зубатых китов;
- и) повысилась концентрация ртути в кольчатых нерпах, обитающих в арктических районах Северной Америки;
- j) изменения концентрации ртути в организмах морских млекопитающих и морских птиц являются результатом изменений в характере питания и экологических условиях, а также изменения климата, а это означает, что причины наблюдаемых изменений концентрации ртути в организмах морских млекопитающих и морских птиц не всегда поддаются выявлению;
- к) в связи с потреблением населением Арктики рыбы и морских млекопитающих оно по-прежнему подвергается высокому риску в результате воздействия ртути; вместе с тем за последние два десятилетия уровень воздействия снизился.

В итоге концентрации кадмия, ртути и свинца, обнаруживаемые в биоте, по-прежнему превышают фоновый уровень, причем при наличии как временных, так и пространственных различий. Давлению продолжают подвергаться и главные хищники, причем одним из способствующих этому факторов являются высокие концентрации металлов.

4.4.2. Северная часть Атлантического океана, Балтийское, Черное, Средиземное и Северное моря

Северная Атлантика (включая морской район OSPAR)

Большая акватория Северного моря — единственный морской район OSPAR, в котором имеется достаточно данных о поступлении металлов через водотоки, необходимых для оценки. За периоды 1990–1995 и 2010–2014 годов количе-

ство ртути, поступавшей через континентальный сток, сократилось примерно вдвое (а количество ртути, осаждаемой из атмосферы, сократилось примерно на треть). Количество кадмия, осаждаемого через атмосферу и проникающего через стоки, сократилось на две трети. Благодаря достижениям в разработке аналитических методов, позволяющих устанавливать более четкие (сниженные) пределы обнаружения и повышать точность данных, несмотря на нисходящую тенденцию в количестве веществ, поступающих через водотоки, степень изменений, вероятно, завышена. Вместе с тем для установления значимости изменений потребуется более долгосрочное наблюдение (OSPAR, 2017a). Количество свинца, поступающего через континентальный сток, сократилось более чем в два раза, в то время как количество свинца, осаждающегося из атмосферы, составляет менее трети его количества в 1990 году. В настоящее время основным источником загрязнения воздуха является вторичное атмосферное загрязнение от повторно суспендированных материалов и от источников, находящихся за пределами морского района OSPAR.

Для управления этими источниками, помимо водотоков, необходимо развивать сотрудничество и за пределами района OSPAR. Анализ изотопов свинца в тропической части Северной Атлантики показывает, что до 30–50 процентов обнаруженного природного свинца поступает из североафриканской минеральной пыли, что свидетельствует об успешных глобальных усилиях по сокращению объема выбросов свинца из антропогенных источников (Bridgestock and others, 2016). За последние четыре десятилетия концентрации растворенного свинца в поверхностных водах Кельтского моря в Северо-Восточной Атлантике снизились в четыре раза и достигли 8 нг/л (Rusiecka and others, 2018), что все еще на один–два порядка выше фоновых концентраций. В районе Кельтского моря снизилось количество свинца в атмосфере, а объем растворенного свинца, поступающего в бентос [5,6–8,5 мкг свинца/(м²/день)], в настоящее время превышает объем свинца, поступающего в атмосферу [0,006–2,5 мкг свинца/(м²/день)], что свидетельствует о том, что на данный момент осадочные породы являются одним из наиболее значимых

источников поступлений свинца (Rusiecka and others, 2018).

В большинстве оцениваемых районов средние концентрации ртути, кадмия и свинца в морских осадочных породах либо снижаются, либо не претерпевают существенных изменений. Вместе с тем концентрации во всех районах превышают естественные фоновые концентрации, и в четырех из шести оцениваемых районов они превышают концентрации, при которых не исключено пагубное экологическое воздействие (OSPAR, 2017c). После введения запретов на использование трибутилолова в противообрастающих красках в период оценки 2010–2015 годов в Северо-Восточной Атлантике произошло заметное улучшение репродуктивного состояния морских улиток. По сравнению с оценкой, проведенной в 2010 году, показатели встречаемости импосекса заметно снизились. В большинстве районов оценки показатели встречаемости импосекса в результате воздействия трибутилолова находятся на уровне или ниже того уровня, с которым сопряжены пагубные последствия, и имеются также свидетельства о временных тенденциях снижения степени серьезности импосекса во всех районах оценки. Вместе с тем в некоторых районах все еще наблюдаются высокие показатели встречаемости импосекса. Хотя показатели встречаемости импосекса снижаются, они все еще выше фоновых уровней во всех районах оценки (OSPAR, 2017d).

После введения запрета на использование трибутилолова средние концентрации в осадочных породах заметно снизились в южной части большой акватории Северного моря и очень низки или не обнаружены в других районах Северо-Восточной Атлантики. Большинство стран в этом районе прекратили следить за концентрациями оловоорганических соединений в осадочных породах, особенно в море, поскольку их концентрация в настоящее время часто настолько низка, что ее невозможно обнаружить. Это означает, что эффективную оценку таких соединений в осадочных породах можно провести только в южной части Северного моря (OSPAR, 2017e).

В большинстве районов, рассмотренных в первой «Оценке», концентрации ртути, кадмия и свинца в мидиях и рыбах превышают уровень фоновой концентрации, учтенный в оценке (рису-

нок III). Вместе с тем все концентрации находятся ниже предельных значений, установленных Европейской комиссией для пищевых продуктов. За исключением концентрации кадмия в нескольких районах большой акватории Северного и Ирландского морей, концентрации во всех оцениваемых районах либо снижаются, либо не отличаются существенными изменениями (OSPAR, 2017b). Максимальные уровни концентрации металлов в рыбе и моллюсках и ракообразных, установленные Европейской комиссией, как минимум в пять раз превышают уровень фоновых концентраций. Во всех регионах, охваченных оценкой OSPAR, начиная с 2009 года средние концентрации металлов ниже максимальных уровней концентрации, установленных Европейской Комиссией.

Балтийское море

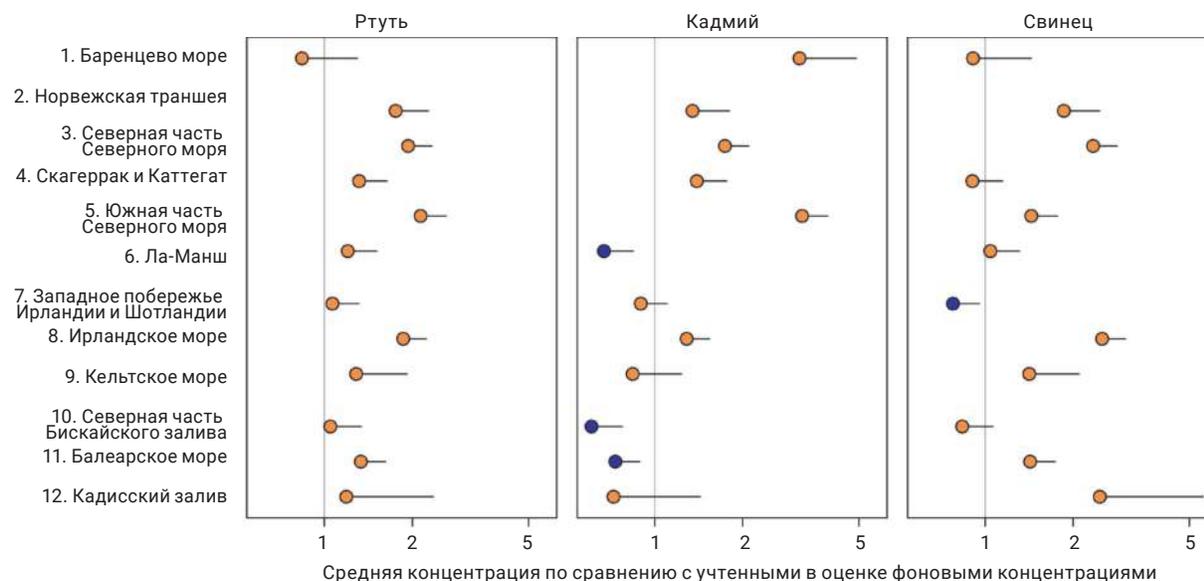
Количество металлов, ежегодно поступающих в Балтийское море, значительно варьируется, а основной путь их поступления изменчив (Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM), 2018a). По оценкам, в 2012–2014 годах количество поступивших в Балтийское море кадмия, ртути и свинца находилось в диапазоне 23–45, 4,8–5,6 и, соответственно, 443–565 тонн в год (HELCOM, 2018a).

Количество ртути, попадающей в Балтийское море через атмосферные осадания, составляет около 70 процентов от общего количества, однако за период с 1990-х годов до 2014 года этот уровень снизился на 15 процентов.

В период 2011–2016 годов концентрация ртути в мышечных тканях рыб (наиболее распространенными видами, которые подлежат оценке, являются сельдь и треска, обитающие в открытом море, и камбала и окунь, обитающие в прибрежных районах) превысила установленный пороговый уровень (20 мкг/кг сырого веса) почти во всех наблюдаемых суббассейнах открытого моря, что указывает на «неблагоприятное» состояние окружающей среды (HELCOM, 2018a). Этот пороговый уровень был также превышен в некоторых прибрежных районах, и статус «благоприятного» состояния удалось получить только в бассейне Аркона, а также в датском и шведском районах. В рамках исследуемых времен-

Рисунок III

Средние концентрации каждого из тяжелых металлов в рыбе и моллюсках и ракообразных в каждом из районов оценки OSPAR по сравнению с учтенными в оценке фоновыми концентрациями (при 95-процентном доверительном интервале)



Источник: OSPAR, 2017d.

Примечания. Цифра 1 означает, что средняя концентрация равна учтенной в оценке фоновой концентрации. Синий цвет: средняя концентрация статистически значима и ниже учтенной в оценке фоновой концентрации и максимальных уровней, установленных Европейской комиссией для пищевых продуктов ($p < 0,05$); оранжевый цвет: средняя концентрация находится на уровне (если линия доверительного интервала пересекает 1) или выше учтенной в оценке фоновой концентрации, но значительно ниже максимальных уровней, установленных Европейской комиссией для пищевых продуктов. Максимальные уровни, установленные Европейской комиссией, более чем в пять раз превышают уровень фоновых концентраций, учтенных в оценке, и, следовательно, не показаны. Географические обозначения на рисунке представляют собой обозначения, используемые OSPAR.

ных рядов общей тенденции в содержании ртути в мышечных тканях рыб не наблюдается.

Основными источниками поступления кадмия являются реки, через которые в Балтийское море проникает 79 процентов от общего количества поступающего кадмия. Поступления через реки в рамках существующих временных рядов отличаются большой межгодовой вариативностью, что затрудняет выявление какой-либо тенденции. В период с 1990-х годов до 2014 года количество атмосферных осадков кадмия снизилось на 60 процентов.

Что касается концентраций кадмия в морской воде, биоте (мидии) и осадочных породах, оцененных методом определения общего статуса по статусу наименее благоприятного из показателей, то «благоприятный» статус был достигнут лишь в 35 процентах оцененных суббассейнов открытого моря (HELCOM, 2018a), в то время как в 89 процентах 38 оцениваемых тенденций не было обнаружено никаких значимых измене-

ний концентраций, в 4 из 33 тенденций наблюдалось понижение, и только в 1 из них наблюдалось повышение. Пороговые концентрации составляли 0,2 мкг/л в воде, 960 мкг/кг сухой массы (137,3 мкг/кг сырого веса) в тканях мидий и 2,3 мкг/кг сухой массы в осадочных породах.

Количество свинца, поступающего через реки, составляет 64 процента от общего количества свинца, попадающего в Балтийское море. Поступления свинца в рамках существующих временных рядов отличаются большой межгодовой вариативностью, что затрудняет выявление каких-либо тенденций. С 1990-х годов до 2014 года количество атмосферных осадков свинца сократилось на 80 процентов.

Показатели концентрации свинца в биоте (рыбах и мидиях) и в осадочных породах, полученные благодаря использованию метода определения общего статуса по статусу наименее благоприятного из показателей, свидетельствуют о том, что «благоприятный» статус был достигнут только

в четырех суббассейнах открытого моря и в некоторых прибрежных районах (HELCOM, 2018a). Кроме того, количество свинца, как правило, не отвечает установленному пороговому значению в биоте (26 мкг/кг сырого веса в печени рыбы и 1300 мкг/кг сухой массы и 185,9 мкг/кг сырого веса в мидиях). Последовательной тенденции не обнаружено.

В большинстве районов одной из проблем остается содержание трибутилолова в воде, осадочных породах и биоте (HELCOM, 2018b). Что касается осадочных пород, то в большинстве районов пороговый уровень (1,6 мкг/кг сырого веса) достигнут не был, и даже после двух-трех лет наблюдений провести оценку временных тенденций не удалось.

Показатели встречаемости импосекса, которые измерялись в течение шести и более лет, оказались ниже пороговых значений только в южной части Каттегата и Скагеррака. В восьми других районах наблюдалась тенденция на понижение, что согласуется с данными по Северному морю, где в 48 процентах районов была обнаружено тенденция к снижению показателей встречаемости импосекса⁹.

Хотя положение с трибутилоловом улучшается, уровни трибутилолова в осадочных породах и причинно-следственные связи в морских брюхоногих указывают на то, что загрязнение, которому традиционно подвергается Балтийское море, все еще сохраняется. Чтобы обеспечить продолжение тенденции к снижению, следует заняться исследованием использования других оловоорганических соединений, помимо противобрасающих красок, и их высвобождения из ранее загрязненных отложений.

Средиземноморье

Загрязнение металлами в Средиземноморье является результатом человеческой деятельности (побудители и нагрузки), которая ведется во всех прибрежных и морских районах Средиземноморья и приводит к дисбалансу в экосистемах, которые до этого находились в своем естественном устойчивом состоянии. Вредоносные загрязнители попадают в морскую экосистему различными путями, например, через атмосфер-

ные осаждения или поступления из наземных и морских источников. Расположенные вдоль средиземноморского побережья небольшие причалы для отдыха, а также крупные торговые порты создали ряд различных нагрузок с точки зрения химического загрязнения. В настоящее время все еще существуют уже известные угрозы и появляются новые нагрузки, несмотря на тенденции на понижение и ощутимое снижение уровней содержания металлов в наиболее пострадавших районах, что стало возможным благодаря осуществлению природоохранных мер (например, введение запрета на использование этилированных видов топлива и противобрасающих красок и применение норм, регулирующих использование ртути), как это отмечается в западной части Средиземноморья (UNEP/Mediterranean Action Plan (MAP)/Coordinated Mediterranean Pollution Monitoring and Research Programme (MED POL), 2011a), и Мар-Менор по-прежнему в значительной степени подвергается воздействию металлов.

Последние из полученных наборов данных о загрязнителях, поступившие в базу данных Согласованной программы контроля за загрязнением моря и исследований в районе Средиземноморья, по-прежнему указывают на более низкие уровни содержания унаследованных загрязняющих и отравляющих веществ в биоте (главным образом в двустворчатых моллюсках), несмотря на выявленные «очаги», о чем сообщалось и в предыдущих докладах по итогам оценки (UNEP/MAP, 2009; UNEP/MAP/MED POL, 2011a; UNEP/MAP, 2012a, 2012b), и в докладах о временных тенденциях (UNEP/MAP/MED POL, 2011b, 2016b), а также на накопление и сохранение химических веществ в прибрежных отложениях. На такой вывод наводят и результаты наблюдения за химическими загрязнителями в двустворчатых моллюсках (например, мидии, моллюски), рыбах и осадочных породах, и результаты их оценки с учетом фоновых концентраций, приведенных в оценке, концентраций в окружающей среде и показателей диапазона воздействия, ниже которых редко наблюдается соответствующее воздействие. Что касается концентраций кадмия, свинца и общей ртути в биоте (двустворчатые моллюски и рыбы), то процентная доля районов

⁹ URL: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/pressures-human-activities/contaminants/imposex-gastropods/>.

с приемлемыми экологическими условиями (где показатели ниже пороговых показателей, установленных Европейской комиссией) колеблется от 92 до 100 процентов. Лишь в 8 процентах районов, где была проведена оценка концентрации свинца в мидиях, эта концентрация была выше концентраций в окружающей среде. Таким образом, содержащиеся в базе данные по всем районам, где была проведена оценка биоты, свидетельствуют в соответствии с этими критериями о приемлемых условиях морской среды, за исключением 8 процентов из них, в которых была обнаружена завышенная концентрация свинца. Напротив, уровни концентраций в прибрежных осадочных породах, которые превышают заложенные в оценку показатели (выше показателей диапазона воздействия, ниже которых наблюдается такое воздействие), т. е. указывают на неприемлемые экологические условия, составляют 4 процента, 53 процента и 15 процентов у кадмия, общей ртути и, соответственно, свинца. Уровень концентрации ртути, составляющий 53 процента, свидетельствует о необходимости пересмотра субрегиональных критериев оценки; на результаты оценки, особенно в Адриатическом море, Эгейском море и Левантском бассейне, может повлиять совокупность выявленных природных и антропогенных источников. В этой связи в настоящее время рассматривается вопрос о пересмотре существующих критериев оценки (UNEP/MAP/MED POL, 2016a), который должен привести к дальнейшему уточнению выводов в рамках будущих оценок.

На основе значений критериев оценки воздействия на окружающую среду, рекомендованных для ориентировочных целей решением IG. 22/7 Договаривающихся сторон Конвенции о защите морской среды и прибрежного региона Средиземноморья, принятого на их девятнадцатом очередном совещании, проведенном в Афинах 9–12 февраля 2016 года, в целом результаты оценки отражают неприемлемые экологические условия, в частности в отношении содержания свинца в мидиях в некоторых местах и в отношении содержания свинца и общей ртути (в 53 процентах районов показатели превышают показатели диапазона воздействия, ниже которых наблюдается соответствующее воздействие) в прибрежных отложениях, хотя некоторые из них являются известными «очагами» Средиземно-

морья и районами проникновения этих веществ из природных источников. Для обеспечения контроля и соблюдения целевых показателей по поддержанию приемлемых условий с точки зрения содержания в биоте кадмия и общей ртути необходимы проводить постоянные наблюдения и оценку.

4.4.3. Южная часть Атлантического океана и Большой Карибский район

В ходе экспедиций GEOTRACES в Южной Атлантике проводятся новые оценки поступления растворенного свинца. Основной поток (от 0,9 до $1,5 \times 10^6$ кг/год) проникает в Южную Атлантику из Индийского океана через течение Агульяс, воды которого содержат повышенные концентрации свинца (средняя годовая концентрация 5,8 мкг/кг), эквивалентные его концентрациям в глобальных атмосферных осадениях минеральной пыли ($1,6 \times 10^9$ г/год, исходя из предположения, что в морскую воду из пыли выделяется 8 процентов свинца) (Paul and others, 2015). В настоящее время концентрации растворенного свинца в Южной Атлантике по-прежнему превышают доиндустриальный уровень, причем 58 процентов растворенного свинца, содержащегося в этих водах, поступает из антропогенных источников (Schlosser and others, 2019). Ожидается, что работа по сбору данных GEOTRACES будет продолжаться и что эти данные будут учтены в следующей «Оценке».

В осадочных породах и рыбе в Карибском бассейне, главным образом в гаванях Си Лотс и Пойнт-Лисас, Тринидад и Тобаго, были обнаружены значительные концентрации алюминия, ртути и меди (Mohammed and others, 2012). Кроме того, в Карибском бассейне по-прежнему вызывает беспокойство содержание трибутилолова.

Добыча фосфора

Фосфатные отложения встречаются во всем мире, как в осадочных, так и в магматических породах. На данный момент наибольший объем фосфатов добывается в Китае, однако крупнейшим экспортером является Марокко; вместе с тем основные процессы добычи и переработки фосфатов происходят вдали от моря. Одним из основных источников поступления в прибрежные воды ртути, кадмия и свинца, а также хро-

ма, никеля, меди, мышьяка, тория и урана является добыча и переработка фосфорита (Gnandi and others, 2011). Например, в Того документально подтверждено серьезное воздействие металлов на осадочные породы, воду и биоту, хотя аналогичное воздействие, вероятно, наблюдается и в других районах добычи полезных ископаемых. Залежи фосфоритов в Того, находящиеся в районах фосфатных рудников в Хахатоз и Кпогаме на юге страны, где добыча ведется с 1960 года, по природе своей богаты металлами и редкоземельными элементами (Tapouay and others, 2016). Переработка руды приводит к отделению богатой фосфором промышленной фракции, в результате чего после сброса фосфоритовых хвостов в океан концентрация в морской воде превышает 1 мг. Береговые отложения высокообогащены следами металлов, и расчетные коэффициенты обогащения относительно земной коры высоки. Такая большая нагрузка следами металлов была обнаружена и в биоте (рыбах и мидиях). Отношение измеренных концентраций следов металлов в биоте к пороговым значениям, установленным Всемирной организацией здравоохранения, которое определяется в данном документе как относительный фактор здоровья, было высоким в рыбах, причем сами вещества перечислены в порядке уменьшения концентраций от самой высокой до самой низкой: селен, мышьяк, серебро, никель, марганец, железо, свинец, кадмий, хром, медь и цинк. Накопления кадмия и алюминия не наблюдалось. В мидиях самый высокий относительный фактор здоровья был обнаружен применительно к железу, за которым следовали мышьяк, свинец, селен, марганец, никель, серебро, кадмий и медь (Gnandi and others, 2011).

4.4.4. Индийский океан, Аравийское море, Бенгальский залив, Красное море, Аденский залив и Персидский залив

Рыба по-прежнему является одним из важных пищевых продуктов, и вероятность заражения рыб в результате высоких концентраций целого ряда металлов остается. В Персидском заливе уровень концентрации большинства металлов регулярно превышал предельно допустимые уровни их содержания в мышечных тканях рыбы, однако концентрации кадмия и ртути превышали допустимый уровень лишь на 10 процентов (Cunningham and others, 2019).

Согласно результатам недавно проведенного исследования рыбы (*Lethrinus nebulosus*) у берегов Катара (Al-Ansari and others, 2017) в Персидском заливе, уровень содержания ртути в этом регионе снизился. Самое большое количество общей ртути было обнаружено в печени (602 ± 192 мкг/кг сырого веса), а самое маленькое — в гонаде (71 ± 31 мкг/кг сырого веса), при этом в мышечной ткани количество общей ртути было средним. В ходе этого исследования была выявлена тенденция к повышению концентраций по сравнению с уровнями, выявленными 20 лет назад, однако тогда показатели в большей степени соответствовали показателям, зарегистрированным в 2007 году. Концентрация ртути в осадочных породах находилась в диапазоне 8–34,3 мкг/кг для общей ртути (Hassan and others, 2019).

Согласно результатам исследований стабильных изотопов, в Индийском океане и Аравийском море концентрации свинца сильно зависят от антропогенных факторов (Lee and others, 2015). Эти данные служат в качестве исходных данных, но для установления тенденций требуется проводить дальнейшую выборку. В западной части Индийского океана уровни свинца и кадмия были ниже уровня, вызывающего беспокойство, однако уровень ртути в организмах тех видов, которые занимают более высокое положение в трофической цепи (меч-рыба, ваху и синий марлин), зачастую превышал 1 мг/кг сырого веса (Bodin and others, 2017). В организмах более 13 процентов меч-рыб, отобранных в Индийском океане, уровни содержания ртути превышали 1 мг/кг сырого веса, а в глобальном улове при сравнении показателей содержания ртути средние концентрации ртути в организмах меч-рыб в Индийском океане обнаруживались чаще, чем в других видах, и были самыми высокими (Esposito and others, 2018).

4.4.5. Северная часть Тихого океана

В поступлении веществ с азиатского континента в Восточно-Китайское море и северную часть Тихого океана наблюдается большая эпизодическая и сезонная вариативность, связанная со сжиганием биомассы и ископаемого топлива (Qin and others, 2016). Хотя уровни общего содержания ртути в глубоководных районах северной части Тихого океана выше уровня, отмечаемого в поверхностных и промежуточных слоях, сравне-

ние с историческими данными позволяет предположить, что за последние 20 лет концентрации ртути не увеличились (Munson and others, 2015).

4.4.6. Южная часть Тихого океана

Подробные данные о распределении ртути в южной части Тихого океана свидетельствуют о повышенных концентрациях в районе Перуанского апвеллинга и значительном содержании метилртути, достигающем 20 процентов от количества общей ртути (Bowman and others, 2016). Для определения тенденций с момента проведения первой «Оценки» имеющихся по региону данных недостаточно, однако значения, как представляется, не меняются. Одним из чистых источников проникновения ртути в атмосферу является тропическая южная часть Тихого океана, однако обменный поток в этом районе меньше, чем в Северной Атлантике (Mason and others, 2017).

4.4.7. Южный океан

Общая концентрация ртути в Южном океане сопоставима с ее концентрациями в южной части Тихого и Атлантического океанов. Вместе с тем существуют определенные региональные особенности, в том числе чистое осаждение ртути вдоль кромки льда в Антарктике, обогащение ртути в пластовых водах в процессе образования морского льда и образование метилртути к югу от южного полярного фронта (Cossa and others, 2011). Концентрации свинца в воде (6,2 мкг/л) сопоставимы с концентрациями, измеряемыми в более индустриальных регионах, таких как Балтийское море, несмотря на его удаленность (Schlosser and others, 2016). Данные о концентрациях металлов в регионе, благодаря которым можно было бы выявить какие-либо тенденции со времени проведения первой «Оценки», слишком скудны.

Редкоземельные элементы

Загрязнение, обусловленное «необходимыми для технологий элементами», которые широко используются в рентабельных низкоуглеродных технологиях в таких сферах, как ядерная, солнечная, ветровая энергетика и биоэнергетика, а также в технологиях улавливания и хранения углерода, в электросетях и в медицинских товарах, наблюдается с начала тысячелетия (Bau and Dulski, 1996). Редкоземельные элементы считаются крайне важными для разработки и соз-

дания высокотехнологичной продукции. В результате их использования в последнее время наблюдается неизбежный выброс таких элементов в окружающую среду, что приводит к увеличению числа микроэлементов, действующих в качестве загрязнителей в океане. При изучении положительных аномалий (повышенные значения по отношению к природным концентрациям) в качестве трассера веществ антропогенного происхождения используется один из таких элементов – гадолиний. Проникновение редкоземельных элементов в морскую среду выявляется главным образом с помощью бытовых канализационных систем. В последнее десятилетие в результате дренажа из густонаселенных районов, таких как Северное море (Северо-Восточная Атлантика) (Kulaksiz and Bau, 2007), залив Сан-Франциско и близрасположенные тихоокеанские воды (Hatje and others, 2014), Индийский океан (Zhu and others, 2004; Ogata and Terakado, 2006; Akagi and Edanami, 2017) и южная часть Атлантического океана (Pedreira and others, 2018), в морских водах по всем миру обнаруживаются положительные антропогенные гадолиниевые аномалии. Помимо гадолиния в сыром фосфорите и отбросах горнодобывающей промышленности, образующихся при добыче фосфатов в Ххатозе и Кпогаме (южная часть Того), были обнаружены другие редкоземельные элементы (Gnandi and others, 2011). Вместе с тем о поведении этих элементов в окружающей среде и об их воздействии на биоту в морских системах имеется лишь скудная информация. Хотя концентрации антропогенного гадолиния в морских водах довольно низкие, возникает потенциальная обеспокоенность в связи с последствиями постоянного воздействия низких концентраций гадолиния на водные организмы и здоровье человека (Hatje and others, 2018). Показано, что комплексы гадолиния антропогенного происхождения, изначально считавшиеся безопасными для человека, накапливаются в организме человека и в водных организмах.

4.5. Экономические и социальные последствия и/или другие экономические или социальные изменения

К металлам, вызывающим обеспокоенность, относятся несущественные микроэлементы, ко-

торые перемещаются по трофической цепи и в конечном счете биоаккумулируются на верхних трофических уровнях океанов. Основные социальные последствия заключаются в том, что, несмотря на некоторое сокращение объема выбросов, наблюдается увеличение концентрации металлов в видах рыб более высокого трофического уровня, что оказывает прямое воздействие на экосистемы, приводя к очевидным изменениям в пищевых цепях и, как следствие, создавая риск для здоровья людей (см. гл. 8В) в результате попадания в их организмы с приемом пищи.

5. Радиоактивные вещества

5.1. Введение

Радиоактивные вещества содержатся и в водах, и в биоте, и в отложениях океана. Подавляющая часть из них поступает из природных источников. Вместе с тем с 1940-х годов значительная часть из них проникает в океан в результате антропогенной деятельности. Важно проводить различие между возникновением ионизирующего излучения, испускаемого в результате распада радионуклидов, и воздействием такого излучения на биоту, которое варьируется в зависимости от характера излучения (в частности, от того, идет ли речь об α (альфа) или β (бета) излучении) и затронутой части биоты. Основное внимание в исследованиях радиоактивного воздействия на биоту уделяется человеку, однако начиная с 2000 года Международная комиссия по радиационной защите — международный орган экспертов, который согласовывает нормы радиационной защиты, — разрабатывает подходы к рассмотрению вопроса о том, как защитить нечеловеческую биоту.

5.2. Ситуация, о которой сообщалось в первой «Оценке состояния Мирового океана»

В первой «Оценке» были отмечены уровни естественной радиоактивности в океане, варьирующиеся от самых низких в Юго-Западной Атлантике до самых высоких в Северо-Восточной Атлантике, и уровни типичных антропогенных радионуклидов, варьирующиеся от самых низких в Южном океане до самых высоких — снова — в Северо-Восточной Атлантике. Наиболее

Такие риски вызывают особую обеспокоенность у общин коренных народов, которые зависят от конкретных источников пищи. Другие последствия связаны с потенциальным сокращением рыбных запасов и последующими трудностями для рыбаков, которые вынуждены уходить все дальше в море, чтобы ловить рыбу, зачастую без надежного оборудования. В некоторых регионах проникновение таких элементов и добыча полезных ископаемых приводят к ухудшению ситуации на местах, что сказывается на туризме и местной экономике.

значительные поступления радиоактивных веществ в результате антропогенной деятельности приходилось на испытания ядерного оружия, однако это уже не актуально. Вторым по значимости антропогенным источником радиоактивности были атомные перерабатывающие заводы: в 2014 году они существовали в Индии, Китае, Российской Федерации, Франции и Японии, причем в Индии, Китае, Российской Федерации и Японии тогда велось или планировалось строительство дополнительных заводов. Ядерные аварии в Чернобыле и Фукусиме привели к поступлению в океан большого количества радиоактивных материалов, однако к моменту составления первой «Оценки» они не вызывали особого беспокойства; сразу после аварии на АЭС «Фукусима» приращения к объему проникающих в океан радиоактивных веществ были ограничены. По состоянию на конец 2013 года в 30 странах мира насчитывалось 434 ядерных энергетических реактора, в результате чего радиоактивные выбросы в океан были на порядки меньше, чем выбросы при испытаниях оружия, в ходе работы атомных перерабатывающих заводов и в результате крупных аварий, и с течением времени благодаря совершенствованию технологий объем таких выбросов, за исключением выбросов трития, который обладает низкой радиотоксичностью, как правило, сокращается. Кроме того, была отмечена антропогенная концентрация радионуклидов естественного происхождения, в частности, из отложений, очищенных от накипи в морских нефте- и газопроводах и фосфогипса.

5.3. Описание изменений в окружающей среде в период с 2010 по 2020 годы

5.3.1. Общие положения

Оценка глобальных уровней природной и антропогенной радиоактивности в океане в рамках первой «Оценки» была основана на результатах исследований, проведенных Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) в 1995 и 2005 годах (IAEA, 1995, 2005). С тех пор подобных исследований не проводилось, и, таким образом, положение, представленное в первой «Оценке», остается наиболее детальным из имеющихся. Вместе с тем МАГАТЭ планирует провести в начале 2020-х годов новые исследования такого рода (из личной переписки в МАГАТЭ, 5 июля 2019 года).

Что касается радиоизотопов с длительным периодом полураспада, то в отличие от наземного радиоактивного загрязнения загрязнение путем перемещения таких радиоизотопов океаническими течениями может быть значительным. Как и при атмосферном перемещении радионуклидов, радиоактивные вещества, попадающие в морскую среду, могут переноситься океанскими течениями на расстояния тысяч километров от точки проникновения. Например, соотношение плутония-240 к плутонию-239 в зоне течения Курисио в северо-западной части Тихого океана свидетельствует о том, что эти радионуклиды перемещаются в эту зону с бывших тихоокеанских испытательных полигонов для атомных и ядерных бомб в Федеративных Штатах Микронезии (Hong and others, 2011; Wu and others, 2019).

Хотя глобальные обследования уровня радиоактивности в океане не проводятся, за последнее десятилетие были достигнуты значительные успехи в измерении низких уровней радиоизотопа йода-129 с длительным периодом полураспада (15,7 млн лет), являющегося продуктом испытаний ядерного оружия и работы заводов по переработке ядерного топлива. В проведенных к данному моменту исследованиях выявлено его глобальное распространение по всему океану и его использование в качестве индикатора циркуляции (He and others, 2013).

Кроме того, для определения распределения микроэлементов и их изотопов по всему океану

Научный комитет по океанологическим исследованиям при Международном совете по науке учредил международную программу GEOTRACES. В эту программу также входят антропогенные радионуклиды. Благодаря усилиям по интеркалибрации, прилагаемым в рамках этой программы, удалось продемонстрировать способность обнаруживать плутоний-239, плутоний-240 и цезий-137 в относительно небольших пробах (Kenna and others, 2012). Радиоизотопные данные, собранные в рамках программы GEOTRACES, также внесли значительный вклад в понимание перемещения материалов в океане (Malakoff, 2014). В 2015 году Научный комитет по океанологическим исследованиям также создал рабочую группу 146 «Радиоактивность в океане пятьдесят лет спустя», сославшись к теме первой рабочей группы Комитета в 1959 году. Рабочей группе 146 было поручено, в частности, улучшить онлайн-ресурсы данных о природных и антропогенных радиоизотопах в океане в рамках базы данных Информационной системы МАГАТЭ о морской радиоактивности (МАРИС), в которой содержатся данные об изменениях радиоактивности в морской среде, обнаруженных в морской воде, биоте, отложениях и взвешенных веществах (Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR)-WG146, 2020).

5.3.2. Источники радиоактивности в океане

С 2014 года ситуация с основными источниками поступления радиоактивных веществ в океан (исходная дата соответствующего раздела первой «Оценки» – глава 20, раздел 10) развивается следующим образом.

5.3.3. Испытания ядерного оружия

Испытания ядерного оружия в атмосфере не проводятся с 1980 года, в связи с чем этот источник поступления радиоактивных веществ в океан утратил свою актуальность.

5.3.4. Атомные перерабатывающие заводы

Атомные перерабатывающие заводы, которые, как упоминалось в первой «Оценке», действовали в 2014 году (Ганьсу, Китай; Гаагский мыс, Франция; Калпаккам, Тарапур и Тромбей, Индия; Токай, Япония; «Маяк», Российская Федерация и

Селлафилд, Великобритания), остаются в эксплуатации, но объект в Токае выводится из эксплуатации.

Атомные перерабатывающие заводы на Гаагском мысе и в Селлафилде по-прежнему являются основным источником поступления антропогенных радиоактивных веществ в Северо-Восточную Атлантику, и в период 2007–2013 годов на них приходилось около 90 процентов от общего объема альфа-излучения и около 80 процентов от общего объема бета-излучения (за исключением трития). Вместе с тем к 2016 году средние показатели излучения с перерабатывающих заводов за этот период существенно снизились по сравнению со средними показателями за период 1995–2001 годов, т. е. общий объем альфа-излучения сократился примерно на 40 процентов, а общий объем бета-излучения – примерно на 85 процентов (OSPAR, 2017b).

В Китае продолжается планирование строительства еще одного атомного перерабатывающего завода в Ганьсу. В Индии в 2017 году начались работы по строительству атомного перерабатывающего завода в Калпаккаме. В Японии к октябрю 2022 года ожидается завершение строительства атомного перерабатывающего завода в Роккасё (Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL), 2020). В Российской Федерации с 2022 года планируется ввести в эксплуатацию новый атомный перерабатывающий завод в Железногорске (World Nuclear Association (WNA), 2020).

5.3.5. Атомные электростанции

На конец 2018 года в 30 странах мира действовало 450 коммерческих атомных электростанций (по сравнению с 434 в тех же 30 странах на конец 2013 года). Общая мощность самих станций составляет более 395 000 мегаватт (МВт). Немногим более 300 000 МВт этой мощности приходится на страны Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Еще около 55 реакторов находятся на стадии строительства. На этих электростанциях производится более 15 процентов всей электроэнергии в мире: эта доля колеблется от примерно 70 процентов национального производства электроэнергии во Франции до 2 процентов в Исламской Республике Иран (см. таблицу 1). Это означает, что с 2013 года среднемировой показатель уве-

личился примерно на 5 процентов. Другие государства, не имеющие атомных электростанций, такие как Дания и Италия, импортируют существенный объем электроэнергии из соседних государств, которые в значительной степени полагаются на атомную энергию (IAEA, 2019a).

Что касается атомных электростанций в водосборных бассейнах Балтийского моря и Северо-Восточной Атлантики, то, согласно последним из полученных оценок, отмечается продолжающееся сокращение объема выбросов различных радионуклидов (помимо трития), за которыми ведется наблюдение (HELCOM, 2013; OSPAR, 2017b).

Подробные данные о выбросах в других регионах мира отсутствуют: база данных МАГАТЭ о выбросах радионуклидов в атмосферу и водную среду (информация, предоставляемая национальными органами власти на добровольной основе) не обновлялась с 2012 года, и значительная часть данных относится к еще более раннему периоду. Как было зафиксировано в первой «Оценке», тритиевые выбросы с атомных электростанций, как правило, связаны с уровнем производства электроэнергии, и признанной технологии борьбы с соответствующим загрязнением не существует.

5.3.6. Неядерные источники радиоактивных выбросов в океан

В океан сбрасываются как радиоактивные материалы естественного происхождения, так и искусственные радионуклиды, производимые в целях, не связанных с использованием ядерной энергии, причем эти сбросы приходятся не только на ядерные установки, но и на определенные виды человеческой деятельности. Основными видами деятельности такого рода являются эксплуатация установок и трубопроводов для добычи углеводородов на морских месторождениях, ядерная медицина и производство сельскохозяйственных удобрений из фосфоритов. Опубликованные данные о таких сбросах имеются только применительно к Северо-Восточной Атлантике и прилегающим к ней морям.

Сбор информации о сбросах радиоактивных материалов естественного происхождения и других неядерных сбросах в Северо-Восточную Атлантику и прилегающие к ней моря начался в 2005 году. Что касается нефтегазовой отрасли,

Таблица 1
Доля электроэнергии, выработанной на АЭС, 2018 год

Государство	Процент электроэнергии, вырабатываемой из атомной энергии	Государство	Процент электроэнергии, вырабатываемой из атомной энергии	Государство	Процент электроэнергии, вырабатываемой из атомной энергии
Франция	71,7 (73,3)	Болгария	34,7 (30,7)	Пакистан	6,8 (4,4)
Словакия	55,0 (51,7)	Армения	25,6 (29,2)	Япония	6,2 (1,7)
Украина	53,0 (43,6)	Республика Корея	23,7 (27,6)	Мексика	5,3 (4,6)
Венгрия	50,6 (50,7)	Испания	20,4 (19,7)	Южная Африка	4,7 (5,7)
Швеция	40,3 (42,7)	Соединенные Штаты Америки	19,3 (19,4)	Аргентина	4,7 (4,4)
Бельгия	39,0 (52,1)	Российская Федерация	17,9 (17,5)	Китай	4,2 (2,1)
Швейцария	37,8 (36,4)	Соединенное Королевство	17,8 (18,3)	Нидерланды	3,1 (2,8)
Словения	35,9 (33,6)	Румыния	17,2 (19,8)	Индия	3,1 (3,5)
Чехия	34,5 (35,9)	Канада	14,5 (16,0)	Бразилия	2,7 (2,8)
Финляндия	32,5 (33,3)	Германия	11,8 (15,4)	Исламская Респ. Иран	2,1 (1,5)

Источник: IAEA, 2019а.

Примечание. Цифры за 2013 год приведены в скобках для сравнения.

то по ней имеется достаточно данных для установления исходного уровня (2005–2011 годы), однако выявить тенденции в отношении таких сбросов в морскую среду пока не представляется возможным (OSPAR, 2017b). В результате недавних исследований Комиссии ОСПАР был сделан вывод о том, что основным источником радиоактивных материалов естественного происхождения, поступающих в Северо-Восточную Атлантику, является морская нефтегазовая промышленность, где попутно добываемая вода (вода, поступающая из резервуара с нефтью и газом) и оставляемые ею отложения в трубопроводах (которые должны периодически очищаться) содержат низкие уровни радионуклидов (главным образом, свинец-210, полоний-210, радий-226 и радий-228). Общий объем выбросов

альфа- и бета-частиц в нефтегазовом секторе составляет соответственно 97 процентов и 10 процентов от общего объема выбросов всех секторов (OSPAR, 2017b, 2018с). Из общего объема выбросов бета-частиц из неядерных источников наибольший объем приходится на йод-131, используемый в медицинском подсекторе. Выбросы трития из неядерного сектора незначительны по сравнению с его выбросами из ядерного сектора (OSPAR, 2018с).

Производство сельскохозяйственных удобрений из фосфоритов приводит к образованию фосфогипса (который, в основном, представляет собой соединение кальция, но также содержит радиоактивный материал естественного происхождения). Его часто сбрасывают в виде раствора в море, однако сейчас, похоже, этот процесс

в значительной степени свернут. Такие сбросы по-прежнему отмечают в Марокко (где действуют новые правила и проводится их пересмотр), Тунисе и других странах (Hermann and others, 2018; El Kateb and others, 2018). Вместе с тем в Марокко создана система более эффективной утилизации сбросов фосфогипса (объем инвестиций в нее составил 120 млн долл. США), благодаря которой сбросы должны соответствовать международным стандартам, в частности осуществляться через морские водоотводы, оборудованные с краев диффузионными системами (сообщение правительства Марокко).

5.3.7. Ядерные инциденты

С 2011 года не произошло ни одного значительного крупного ядерного инцидента.

В связи с инцидентом, произошедшим в 2011 году на АЭС «Фукусима», Япония, Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации изучил научную работу, проведенную по морской перевозке радионуклидов с АЭС «Фукусима-1» после выхода его доклада 2013 года (в котором был сделан вывод о том, что последствия для морской биоты будут только локальными), и заключил, что основания для изменения содержащихся в нем выводов отсутствуют¹⁰.

Продолжается деятельность по отслеживанию шлейфа низкоуровневого радиоактивного загрязнения в северной части Тихого океана в результате инцидента на АЭС «Фукусима» (Men and others, 2015; Buesseler and others, 2017), и шлейф теперь отслеживается в североамериканских континентальных водах (Smith and others, 2015). В частности, благодаря замерам содержания йода-129 с длительным периодом полураспада (Hou and others, 2013; Otsuka and others, 2018; Suzuki and others, 2018) удалось получить крайне важную информацию об океанической циркуляции и биогеохимии йода в водах, в которые поступают радионуклиды с АЭС «Фукусима». Через пять лет после аварии на АЭС «Фукусима» в результате замеров содержания цезия-137 удалось выявить наибольшую активность в солоноватых подземных водах под песчаными пляжами (Sanial and others, 2017), что свидетельствует

о существовании не задокументированного ранее подводного пути грунтовых вод, в которых содержатся радионуклиды, попадающие оттуда в океан. Вместе с тем уровни, измеренные Японией в морской среде, низки и относительно стабильны (IAEA, 2019b).

Согласно результатам одного из исследований тихоокеанского синего тунца (*Thunnus orientalis*), пойманного у побережья Калифорнии, США, примерно через четыре месяца после аварии на АЭС «Фукусима», концентрации радиоцезия (проникшего с АЭС «Фукусима») увеличились десятикратно по сравнению с его концентрациями в образцах, обнаруженных до аварии на АЭС «Фукусима». Вместе с тем такой уровень радиоактивности был примерно в тридцать раз ниже уровня, обнаруженного в концентрациях такого радионуклида, как калий-40 естественного происхождения, в пробах рыбы, взятых до и после аварии на АЭС «Фукусима» (Madigan and others, 2012).

МАГАТЭ ведет базы данных об объеме сбросов радиоактивных отходов в море (которые имели место в период с 1947 по 1993 год) и об объеме отходов, поступающих в море в результате аварий и утраты груза в море. Последний из перечней данных, содержащихся в этих базах, был опубликован в 2015 году (IAEA, 2015). Единственный инцидент, зарегистрированный в этом перечне с 2010 года, касается попадания в океан в 2015 году российского спутника с небольшой ядерной энергетической установкой на борту.

5.4. Экономические и социальные последствия и/или другие экономические или социальные изменения

Необходимость увеличить долю мирового производства электроэнергии, получаемой из источников, отличных от ископаемых видов топлива, обуславливает сохранение значительного интереса к производству электроэнергии на атомных электростанциях. Как отмечалось выше, в период 2013–2018 годов объем производства такой электроэнергии увеличился на 5 процентов.

¹⁰ См. A/72/46, глава II, раздел В.1.

Из новостей можно отметить строительство Российской Федерацией первой в мире плавучей атомной электростанции. В апреле 2019 года были завершены первоначальные испытания плавучей АЭС «Академик Ломоносов», которую должны были ввести в эксплуатацию в декабре 2019 года в море у российского порта Певек и которая должна была стать заменой существующих АЭС и теплоэлектростанции (Power Engineering International (PEI), 2019). Российская сторона также предложила Индии развивать сотрудничество в атомной промышленности по разработке плавучих атомных электростанций (Singh, 2019).

5.5. Региональные аспекты

Со времени проведения первой «Оценки» существенных исследований глобального распределения природных или антропогенных радионуклидов не проводилось, однако, как отмечалось выше, МАГАТЭ предлагает провести ряд новых оценок. Как было зафиксировано в первой «Оценке», как естественная радиоактивность в океане, так и ядерные источники антропогенного загрязнения радиоактивными материалами в значительной степени сконцентрированы в северном полушарии. В южном полушарии атомные электростанции есть только в Аргентине, Бразилии и Южной Африке.

6. Фармацевтические препараты и средства личной гигиены

6.1. Введение

По мере роста численности населения в прибрежных районах увеличиваются и размеры и количество городов. В частности, по мере развития мегаполисов вблизи побережья, устьев рек и дельт усиливается антропогенная нагрузка на прибрежные и морские экосистемы. Урбанизация береговых районов имеет прямые последствия для проникновения в океан фармацевтических препаратов и средств личной гигиены. Все больше людей будут нуждаться во все большем количестве фармацевтических препаратов и будут применять все большее количество средств личной гигиены. В то же время все большее значение будет приобретать производство продуктов питания, таких как продукты аквакультуры, что также приведет к поступлению фармацевтических препаратов, предназначенных для ветеринарных целей. Картина еще более усложняется, если брать

5.6. Перспективы

Как отмечается в разделе 5.4, вполне может произойти увеличение количества и масштабов атомных электростанций. С таким увеличением связано вероятное расширение масштабов переработки ядерного топлива. Вместе с тем предполагается, что благодаря опыту, накопленному за последние десятилетия, будет происходить некоторое компенсирующее снижение уровней радиоактивности в выбросах с таких электростанций. Как было зафиксировано в первой «Оценке», в настоящее время, по оценкам, самые высокие уровни установленных эффективных доз облучения людей в результате потребления пищи морского происхождения составляют менее четверти рекомендованной МАГАТЭ годовой предельной дозы облучения населения от ионизирующего излучения. Нет никаких свидетельств того, что в последнее время произошли какие-либо значительные изменения. Таким образом, при условии сохранения надлежащего мониторинга такие события в атомной отрасли вряд ли будут вызывать обеспокоенность.

в расчет демографические изменения и старение населения, в частности в западных странах. Все это приведет к увеличению количества некоторых используемых фармацевтических препаратов на душу населения.

Фармацевтические препараты и средства личной гигиены включают в себя все химические вещества, используемые в секторе здравоохранения, косметике и медицине. В настоящее время на рынке продается более 3000 фармацевтических препаратов и средств личной гигиены, и ежегодно на рынок попадают новые составы (Arpin-Pont and others, 2016). Очевидно, что развитие фармацевтики и ее использование в медицине имеют большую ценность для человеческого общества. Тем не менее, последствия ее применения представляют собой экологическую проблему. Зачастую фармацевтические препараты и средства личной гигиены анализи-

руются в совокупности, потому что их пути проникновения в окружающую среду схожи. Фармацевтические препараты и средства личной гигиены проникают в окружающую среду главным образом опосредованно — через сточные воды, поступающие из домохозяйств или в результате ведения сельскохозяйственной деятельности (животноводство). В большинстве случаев они вымываются или выделяются, не претерпевая никаких изменений, и попадают непосредственно в канализационные системы. Поскольку процессы удаления фармацевтических препаратов и средств личной гигиены из сточных вод неэффективны, а большинство соединений не распадаются или распадаются слишком медленно, такие продукты попадают в водную среду через сточные воды (Heberer, 2002; Verlicchi and others, 2012; Caldwell, 2016). Некоторые фармацевтические препараты и средства личной гигиены, такие как ультрафиолетовые фильтры в солнцезащитных кремах, также могут попадать в океан непосредственно во время рекреационных мероприятий. Их часто считают «псевдостойкими», поскольку их разложение происходит медленно по отношению к большим количествам, которые поступают или выбрасываются в окружающую среду (Rivera-Utrilla and others, 2013; Bu and others, 2016).

Вместе с тем было показано, что некоторые фармацевтические препараты и средства личной гигиены могут также разлагаться до продуктов преобразования, которые могут быть еще более токсичными (Kallenborn and others, 2018). До настоящего времени большинство исследований по фармацевтическим препаратам и средствам личной гигиены проводилось в связи с их попаданием в притоки и стоки сточных вод очистных сооружений (Fang and others, 2012; Rodil and others, 2012; Tamura and others, 2017), озера и реки (Sköld, 2000; Loos and others, 2010; Gothwal and Shashidar, 2015; Molins-Delgado and others, 2017). Многие фармацевтические препараты и средства личной гигиены были обнаружены в пресноводных системах и, следовательно, могут оказаться в морских экосистемах. Вместе с тем доступные данные очень ограничены. Ввиду этого в рамках первой «Оценки» фармацевтические препараты и средства личной гигиены не обсуждались и не оценивались.

Большое количество фармацевтических препаратов, которые предназначены для людей или животных и которые могут попасть в морскую среду, может повлечь за собой глобальную экологическую проблему (Klatte and others, 2017). В связи с постоянным присутствием в водной среде фармацевтических препаратов, проникающих туда различными путями, их относят к классу псевдостойких загрязнителей (Bu and others, 2016). Объем производства фармацевтических препаратов составляет до 100 000 тонн в год (Aus der Beek and others, 2016), и к 2021 году общая стоимость этих препаратов на мировом рынке достигнет почти 1,5 трлн долл. США, при этом прогнозируется дальнейшее его расширение. Основными факторами развития этой индустрии являются расширение рынка и демографические изменения, в том числе старение населения (International Federation of Pharmaceutical Manufacturers & Associations (IFPMA), 2017; Roig, 2010; Arnold and others, 2014). Для обеспечения эффективности действия фармацевтических препаратов и безопасности пациентов эти препараты проходят строгую проверку качества (Taylor, 2016). Вместе с тем результаты длительных экотоксикологических исследований, проводимых для оценки риска в целях предотвращения нежелательных экологических последствий, рассматриваются лишь в редких случаях (Sanderson and others, 2003; Fent and others, 2006; Voxall and others, 2012). Поскольку о распространенности различных фармацевтических препаратов в прибрежной окружающей среде имеются только ограниченные данные, необходимо проводить мониторинг фармацевтических препаратов, которые могут повлиять на окружающую среду (Gaw and others, 2014; Richardson and Ternes, 2014; Arpin-Pont and others, 2016; Pazdro and others, 2016).

6.2. Ситуация, о которой сообщалось в первой «Оценке состояния Мирового океана»

Фармацевтические препараты и средства личной гигиены были включены в раздел 2 главы 20 об опасных веществах (United Nations, 2017b), наряду с традиционными СОЗ и тяжелыми металлами. Сами по себе они не рассматривались и не оценивались.

6.3. Описание изменений в окружающей среде в период с 2010 по 2020 годы

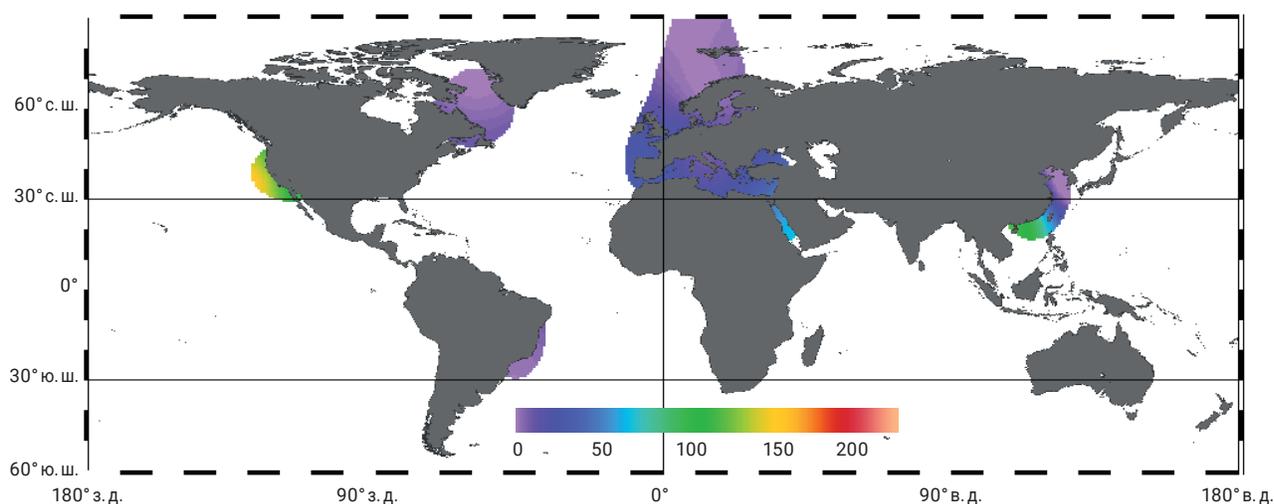
На сегодняшний день исследований о масштабах присутствия фармацевтических препаратов и средств личной гигиены в морских экосистемах немного. Вместе с тем растет интерес к теме проникновения фармацевтических препаратов и средств личной гигиены в океан, причем не в последнюю очередь потому, что морские экосистемы, как предполагается, подвержены загрязнению со стороны этих продуктов, а также в связи с тем, что уже разрабатываются все более прецизионные аналитические инструменты (Picot-Groz and others, 2014). Недавно Бебианно и Гонзалес-Рей (Bebiano and Gonzalez-Rey, 2015) и Арпен-Пон и др. (Arpin-Pont and others, 2016) собрали и опубликовали имеющиеся данные о присутствии фармацевтических препаратов и средств личной гигиены в морской воде, осадочных породах и морских организмах. Наиболее часто исследуемыми и обнаруживаемыми соединениями являются антибиотики (эритромицин, сульфаметоксазол и триметоприм; см. рис. IV), противосудорожные средства (карбамазепин), кофеин, нестероидные противовоспалительные препараты (ибупрофен, кетопрофен) и болеутоляющие средства (ацетаминофен). Среди сердечно-сосудистых препаратов наиболее часто обнаруживаются или демонстрируют самые

высокие относительные концентрации атенолол и гемфиброзил (Arpin-Pont and others, 2016).

По средствам личной гигиены имеется лишь ограниченный объем данных (Bebiano and Gonzalez-Rey, 2015; Arpin-Pont and others, 2016). Имеющиеся данные охватывают вещества мускуса, дезинфицирующие средства (триклозан) и некоторые ультрафиолетовые фильтры, наиболее распространенными из которых являются бензофенон-3 и октокрилен. Что касается триклозана, то было обнаружено, что его концентрация в водах бухты Виктория, Китай, составляет до 99,3 нг/л (Wu and others, 2007). Концентрация бензофенона-3 в водах у Фоли Бич, Южная Каролина (Соединенные Штаты), составляет до 2 013 нг/л (Bratkovic and Sapozhnikova, 2011). Октокрилен, который используется не только в солнцезащитных средствах, но и в пищевых добавках, проникает в прибрежные районы напрямую или косвенно через сточные воды. Концентрация октокрилена в водах составляла до 1 409 нг/л и до 3 992 нг/г сухой массы в тканях мидий (Arpin-Pont and others, 2016; Picot-Groz and others, 2014).

Большинство измерений масштабов присутствия фармацевтических препаратов и средств личной гигиены в морских водах проводилось в Северной Атлантике, Северном, Балтийском морях, Средиземноморье, а также в водах Азиатско-Тихоокеанского региона (таблица 2). В Азии, в частности в Китае, был измерен ряд различных фармацевтических препаратов и средств лич-

Рисунок IV
Географическое распределение антибиотиков в Мировом океане (нг/л)



Источник: Schlitzer, 2020.

ной гигиены в морской воде, осадочных породах и биоте как в эстуариях, так и в окраинных морях Китая (Xu and others, 2013; Zhang and others, 2013b; Na and others, 2013; Nödler and others, 2014; Kallenborn and others, 2018; Kötke and others, 2019). Согласно результатам исследований, фармацевтические препараты и средства личной гигиены присутствуют во всех районах океана, причем более высокие показатели отмечаются в районах, в которых непосредственно ведется антропогенная деятельность. В последнее время был проведен ряд исследований на прибрежных участках в Арктике и Антарктике. Вместе с тем в морской среде южного полушария было проведено очень мало измерений масштабов присутствия фармацевтических препаратов и средств личной гигиены и имеется весьма немного информации о показателях присутствия соответствующих веществ в отложениях (Argin-Pont and others, 2016). Помимо появления антибиотиков и продуктов их преобразования в морской среде, в бактериях и почве в Тихом и Северном Ледовитом океанах были также обнаружены устойчивые к антибиотикам гены (McCann and others, 2019; Hatosy and Martiny, 2015). Присутствие устойчивых к антибиотикам генов в морской среде может быть связано с попаданием антибиотикоустойчивых бактерий в прибрежные стоки, берущие начало в наземных источниках, антропогенным стоком антибиотиков и отбором устойчивых генов в ответ на проникновение антибиотиков в морскую среду (Allen and others, 2010; Hatosy and Martiny, 2015).

Корпус данных по фармацевтическим препаратам и средствам личной гигиены в арктической среде еще более ограничен, чем корпус данных по морским системам умеренного климата. Тем не менее, Калленборн и др. (Kallenborn and others, 2018) пришли к выводу, что эта группа соединений представляет собой актуальные загрязнители даже в отдаленных регионах, включая Арктику. Согласно результатам последних исследований, характер местных источников проникновения фармацевтических препаратов и средств личной

гигиены, таких как системы очистки сточных вод, в сочетании с низкотемпературным арктическим климатом и ограниченными технологическими требованиями, применяемыми на очистных сооружениях в арктических поселениях, способствует повышению экологической устойчивости остаточных продуктов в этом регионе по сравнению с регионами, расположенными на более низких широтах (Kallenborn and others, 2018). Практически во всех арктических экологических пробах — от прибрежной морской воды до биоты высокого трофического уровня — были выявлены более 100 соединений, имеющих отношение к фармацевтическим препаратам и средствам личной гигиены. Примерно 22 из 110 соединений были выявлены в морской воде (Kallenborn and others, 2018), причем наибольшие концентрации были зарегистрированы за циталопрамом (антидепрессант), карбамазепином (противоэпилептический препарат) и кофеином (стимулятор). Относительно высокий уровень концентраций некоторых фармацевтических препаратов и средств личной гигиены в арктической среде не обязательно связан с более высокими уровнями потребления, но, скорее, может быть обусловлен более высокой устойчивостью к воздействию окружающей среды в низкотемпературном арктическом климате. Это считается крайне важным фактором при высвобождении значительного количества противомикробных веществ, что повышает потенциал развития устойчивости (Gullberg and others, 2011; Kallenborn and others, 2018).

Хотя фармацевтические препараты и средства личной гигиены было предложено включить в список опасных веществ в целях принятия решений о мерах контроля и имеются четкие свидетельства того, что такие препараты и средства присутствуют во всех районах океана и морских организмах, по большинству обнаруженных фармацевтических препаратов и средств личной гигиены все еще не хватает данных для оценки тенденций в уровнях концентрации в воде и воздействия на морские организмы.

7. Атмосферные загрязнители (оксиды азота, оксиды серы)

7.1. Введение

Одним из основных источников выбросов оксидов азота (NO_x) и оксидов серы (SO_x) в атмосферу является сжигание. Особый интерес для мор-

ской среды представляют выбросы в результате судоходства, которые способствуют загрязнению воздуха. Местные и региональные экологи-

Таблица 2
Концентрация основных фармацевтических препаратов и средств личной гигиены, измеренная в прибрежных водах (нг/л)

Район	Эритромицин	Кларитромицин	Сульфа Метоксазол	Сульфаметазин	Рокситромицин	Иомепрол	Ипромид	Диклофенак	Карбамазепин	Безафибрат	Ибупрофен	Отсылка к справочной литературе
Арктика, Тромсё (Норвегия)	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	Kallenborn and others, 2018
Арктика, Лонгйирбюэн (Норвегия)	н/д	н/д	н/о	н/д	н/д	н/д	н/д	1,0–4,0	н/д	н/д	0,4–1	Kallenborn and others, 2018
ААрктика, Тромсё (Норвегия)	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/о-0,7	Weigel and others, 2004
Балтийское море	н/о-0,14	0,03–0,42	0,74–3,29	н/о	н/о-0,48	1,05–34,5	0,42–3,34	н/о-0,84	1,98–10,6	н/о-0,64	н/д	Kötike and others, 2019
Северное море	0,13–0,94	0,4–1,66	1,78–13,0	н/о	н/о-2,86	7,66–207	7,27–34,1	н/о-4,82	4,78–29,7	н/о-2,06	н/д	Kötike and others, 2019
Химмерфьярден (Швеция)	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	4,0–12,0	н/д	н/д	Magnét and others, 2010
Балтийское море	н/о	14	21	н/д	н/д	98	45	9,2	22	н/д	н/д	Nödler and others, 2014
Осло-фьорд	н/д	н/д	н/о	н/д	н/д	н/д	н/д	н/о-48,0	н/д	н/д	н/о-52,0	Kallenborn and others, 2018
Эгейское море	н/о	16	3,8	н/д	н/д	83	109	4,6	2,9	3,5	н/д	Nödler and others, 2014
Адриатическое море	5,8	н/о	3,6	н/д	н/д	29	н/д	н/о	3,1	н/д	н/д	Nödler and others, 2014
Адриатическое море	н/д	н/д	0,02–1,02	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	0,11–0,36	0,02–0,14	н/д	Loos and others, 2013
Средиземное море	9	5	14	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/о	н/д	н/д	Moreno-González and others, 2015
Тодуз-ус-Сантус	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/о	н/д	н/д	326,1–2094	Pereira and others, 2016
Красное море	н/д	н/д	63	н/д	н/д	н/д	н/д	14020	110	н/д	508	Ali and others, 2017
Бохайский залив и Желтое море	0,69	0,07	1	0,01	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	Zhang and others, 2013b
Цзяочжоувань	4,5	0,58	9,6	0,04	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	Zhang and others, 2013a
Яньтай	0,82	0,03	1,4	0,02	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	Zhang and others, 2013a
Южная часть Жёлтого моря	0,5	3	7,7	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	Du and others, 2017
Восточно-Китайское море	н/д	н/д	0,5–3,5	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	Fisch and others, 2017
Дельта реки Чжуцзян (Жемчужная река)	н/о-126	н/д	н/о-40,6	н/д	н/о-12,0	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	Xu and others, 2013
Южно-Китайское море	21	н/д	11,4	7,03	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	Liang and others, 2013
Эстуарий Сиднея (Австралия)	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	3,0–12,5	н/д	н/о-2,7	н/д	н/д	Birch and others, 2015
Антарктика	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	Hernández and others, 2019

Сокращения: н/д — нет данных; н/о — не обнаружено.

гические проблемы, связанные с выбросами в результате судоходства, в значительной степени связаны с интенсивностью судоходства, однако такие выбросы могут также способствовать глобальному загрязнению.

7.2. Ситуация, о которой сообщалось в первой «Оценке состояния Мирового океана»

В главе 17 первой «Оценки» (United Nations, 2017a) обсуждались выбросы NO_x и SO_x в районах интенсивного судоходства, а также роль этих соединений в выпадении кислотных дождей и их влияние на здоровье людей.

7.3. Описание изменений в окружающей среде в период с 2010 по 2020 годы

Общий объем ежегодных выбросов NO_x в результате судоходства оценивается примерно в 19 000 килотонн (2013–2015 годы), из которых около 91 процента приходится на международные морские перевозки, а остальная часть — на внутренние морские перевозки и рыболовные суда (6 процентов и, соответственно, 3 процента) (Olmer and others, 2017). Общий объем годовых выбросов азота в результате международных морских перевозок по Балтийскому морю составляет около 80 тонн, или около 5 процентов от общего объема выбросов NO_x в странах Балтийского моря (Gauss and others, 2018).

Негативные последствия загрязнения воздуха в результате судоходства представляют интерес для Международной морской организации (ИМО), которая на основе приложения VI к Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененной Протоколом 1978 года к ней¹¹, стремится сократить объем выбросов, например, SO_x (и, опосредованно, твердых частиц) и NO_x с судов на основе международных соглашений. Существуют также области контроля за выбросами, разработанные ИМО, в которых ограничения в отношении выбросов SO_x и/или NO_x являются более строгими. По состоянию на 1 января 2020 года установленный на мировом уровне предельный по-

казатель массы серы, содержащейся в жидком топливе, используемом в судоходстве, был снижен с 3,5 процента до 0,5 процента, а с 2015 года в зонах контроля за выбросами этот показатель был снижен до 0,1 процента. Существует четыре области контроля за выбросами: Балтийское море и Северное море (в настоящее время контроль ведется только в отношении SO_x , но с 2021 года будет вестись и в отношении NO_x), Североамериканская область и Карибское море Соединенных Штатов. Создание областей контроля за выбросами SO_x в Северном и Балтийском морях привело к значительному снижению концентрации диоксида серы в приграничных портовых городах и прибрежных районах, что благоприятно сказалось на здоровье жителей прибрежных районов (European Union, 2018). Было также установлено требование о снижении уровня закисления в результате осаждения SO_x в море (European Environment Agency (EEA), 2013). По оценкам, создание области контроля за выбросами NO_x в Балтийском море позволит сократить уровень осаждения азота в море к 2040 году примерно на 40 процентов (Karl and others, 2019). Несмотря на эти улучшения, согласно результатам моделирования более долгосрочной перспективы, без дополнительных мер нынешние правила ИМО и Европейского союза позволят сокращать выбросы SO_2 в международном судоходстве вплоть до 2030 года, но после этого объемы выбросов вновь увеличатся. Эта закономерность еще более выражена в отношении выбросов NO_x ; ожидается, что в случае отсутствия дополнительных мер контроля после 2030 года объем выбросов в результате международных морских перевозок превысит объем выбросов из наземных источников в Европейском союзе (International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), 2018).

Чтобы соответствовать более жестким требованиям, введенным в отношении серы, но при этом не переходить на более дорогое топливо с более низким содержанием серы, все большее число судов (7 судов в 2010 году, 256 судов в 2015 году и более 4400 судов в 2020 году) оснащаются системой очистки выхлопных газов, также известной как скрубберы, которая позволяет продолжать использование тяжелого топлива. В скруббере

¹¹ United Nations, *Treaty Series*, vol. 1340, No. 22484.

выхлопные газы промываются мелкими струями воды, а в самом простом и распространенном виде скрубберов — скруббере открытого контура — промывочная вода сбрасывается непосредственно обратно в море. Помимо оксидов серы, из выхлопных газов вымываются и другие вещества, например, металлы и органические загрязнители, в связи с чем растет обеспокоенность тем, что крупномасштабный сброс промывочной воды скруббера может повлечь за собой отрицательные последствия для морской среды (Koski and others, 2017; Ytreberg and others, 2019; Teuchies and others, 2020). По этой причине некоторые порты, регионы и страны приняли меры предосторожности и запретили такие сбросы в своих водах (Turner and others, 2017). К ним относятся многие европейские порты, такие как Роттердам, Нидерланды, и порты в Калифорнии, Соединенные Штаты, и Сингапуре, а недавно Китай

и Египет также предложили ввести такой запрет в китайских водах и, соответственно, Суэцком канале.

Дальнейшие усилия по смягчению воздействия судоходства на окружающую среду включают в себя применение Международного кодекса ИМО для судов, эксплуатирующихся в полярных водах, в котором поощряется работа по выявлению опасных веществ на основе повседневных операций и сообщений об авариях на море и в ходе судоходства¹². Вследствие ужесточения глобальных правил в отношении серы и призывов к отказу от использования тяжелого топлива в Арктике на рынке появилось больше альтернативных топливных смесей. Для определения потенциальной токсичности новых видов топлива необходимо проводить дополнительные исследования.

8. Углеводороды, поступающие из наземных источников, с судов и морских установок (включая механизмы реагирования на разливы и утечки)

8.1. Ситуация, о которой сообщалось в первой «Оценке состояния Мирового океана»

Как сообщалось в первой «Оценке», воздействие углеводородов, например, в результате разливов нефти, может быть оказано на морскую экосистему как физически — через птиц, млекопитающих и пляжи, подвергаемые загрязнению нефтью, так и химически — через проникновение токсичных компонентов, таких как полициклические ароматические углеводороды. В зависимости от концентрации и степени воздействия последствия могут иметь острый или хронический характер (Lindgren and others, 2012). Углеводороды попадают в морскую среду целым рядом способов. К наземным источникам относятся городские стоки и прибрежные нефтеперерабатывающие заводы, к источникам, связанным с судоходством, — эксплуатационные сбросы и аварии, а

к морским нефтегазовым объектам — эксплуатационные сбросы, аварии и выбросы. Кроме того, существенными источниками являются атмосферные осаднения и естественные просачивания. В 2003 году было установлено, что общий объем углеводородов, проникающих из всех источников, возможно, составлял от 470 000 до 8,4 млн тонн в год (National Research Council and Transportation Research Board, 2003), что сопоставимо с их объемом в ходе мировой добычи сырой нефти, например, в 1999 году, который составлял около 3,5 млрд тонн. Ожидается, что благодаря ужесточению требований к установкам для сжигания, транспортным средствам и т. п. уровень содержания полициклических ароматических углеводородов будет снижаться. В 2017 году объем добычи сырой нефти увеличился почти на 25 процентов и достиг почти 4,4 млрд тонн (Global Energy Statistics Yearbook, 2018).

¹² International Maritime Organization, document MEPC 68/21/Add.1, annex 10.

8.2. Описание изменений в окружающей среде в период с 2010 по 2020 годы

С учетом глобальных моделей долгосрочного атмосферного осаждения бензо(а)пирена (B[a]P), одного из полициклических ароматических углеводородных соединений, уровень его осаждения заметно выше в Адриатическом и Эгейском морях в Средиземноморье, прибрежных районах Северного моря в Северо-Восточной Атлантике и в юго-восточной части Балтийского моря, а также в северной части Каспийского моря (рис. V.A). Вместе с тем в глобальном масштабе основной объем выбросов и осаждения B[a]P охватываются в восточной и южной частях Азии, где уровень атмосферных осадков на порядок, а то и больше, выше уровней, показанных на рисунке V (Gusev and others, 2018). Показатели осаждения B[a]P в Балтийском море увеличивались до 2000 года, после чего скорость осаждения, похоже, стабилизировалась.

Другими важными источниками углеводородов, поступающих в океан, являются аварии на море, эксплуатационные потери и незаконные сбросы с судов. Вместе с тем мировая тенденция в отношении судоходных аварий, приводящих к разливам нефти свыше 7 тонн, идет на понижение. По данным Международной федерации владельцев танкеров по предотвращению загрязнения (2019 год), среднегодовое количество разливов в период 2009–2018 годов составляло 6,4 по сравнению с 35,8 за период 1990–1999 годов. Уменьшение количества разливов танкеров, вероятно, является результатом повышения эффективности мер безопасности по части поэтапного вывода из эксплуатации однокорпусных танкеров, который начался в 2003 году (IMO, 2019), в ходе ускоренного процесса, последовавшего за крупной аварией на танкере «Эрика» в 1999 году. Аварии на судах «Эрика» и «Престиж» (2003 год) также стали отправной точкой для проведения проверок на море в качестве одной из возможных мер, при помощи которой грузовладельцы могут требовать соблюдения более высоких стандартов безопасности, прежде всего на танкерах, перевозящих химикаты и нефтяные грузы (Powers, 2008). Тенденция к уменьшению числа разливов танкеров еще более выражена с учетом неуклонного увеличения объемов погру-

женных сырой нефти и нефте- и газопродуктов, которые в период 1990–2017 годов выросли почти на 80 процентов (United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2018).

Хотя в течение последних 10 лет объем добычи нефти на шельфе оставался на прежнем уровне и составлял около 26–27 млн баррелей в день (International Energy Agency (IEA), 2018a), по мере увеличения объема мировой добычи нефти, который 2017 году достиг примерно 95 млн баррелей в день, ее рыночная доля сократилась (IEA, 2018b). Помимо разливов нефти, основные последствия морской добычи нефти и газа связаны со сбросом попутно добываемой воды, объем которой в мире оценивается в 39,5 млн м³ в день (Jiménez and others, 2018), а также со сбросом отходов бурения (Bakke and others, 2013). Хотя в ряде исследований (например, Moodley and others, 2018) указывается на сублетальное воздействие попутно добываемой воды на морские виды, сложилось общее понимание, согласно которому хоть и существует низкий риск долгосрочного широкомасштабного воздействия попутно добываемой воды и сброса отходов бурения, проверить степень его серьезности на основе опубликованной литературы невозможно (Bakke and others, 2013). Вместе с тем наблюдаемые уровни ДН-аддуктов в печени выловленных в природной среде рыб, обитающих в районах добычи нефти в Северном море, которые превышают уровень, приведенный в критериях оценки воздействия на окружающую среду, вызывают опасения относительно воздействия соединений нефти на ранние стадии жизни (Balk and others, 2011; Pampanin and others, 2017). В целях расширения объема имеющихся знаний о данных о внутривидовой токсичности необходимо проводить дальнейшие исследования на уровне сообществ и популяций (Camus and others, 2015). Такая необходимость также сохраняется в контексте оценки экологических рисков, проводимой до начала морской разведки в каком-либо новом районе. Если в основу оценки риска заложены наихудшие сценарии, обоснованность которых в целом ограничена, то при рассмотрении связанных с ними неопределенностей может возникнуть перекоп (Hauge and others, 2014). С точки зрения поддержания состояния морской среды все большую обеспокоенность вызывает вывод из эксплуатации морских платформ. По оценкам Междуна-

родного энергетического агентства (IEA, 2018a), вероятно, потребуется вывести из эксплуатации 2500–3000 морских платформ, в то время как на данный момент среднегодовой показатель вывода из эксплуатации составляет 120 платформ в год. Самым дорогостоящим этапом вывода платформ из эксплуатации является закупоривание стволов скважин и оставление скважин. В Северном море с 1998 года в соответствии с Конвенцией OSPAR требуется демонтаж всех верхних

строений и опорных оснований. Вместе с тем в Соединенных Штатах и Юго-Восточной Азии используется подход превращения буровых установок в искусственные рифы, благодаря которому часть подводных сооружений оставляют нетронутой и переоборудуют в искусственные рифы. В Мексиканском заливе уже имеется более 500 таких постоянно переоборудованных выведенных из эксплуатации установок (IEA, 2018a).

Рисунок V.A
Пространственное распределение среднегодовых смоделированных концентраций В[а]Р в воздухе (нг/м³) по миру в целом за 2016 год

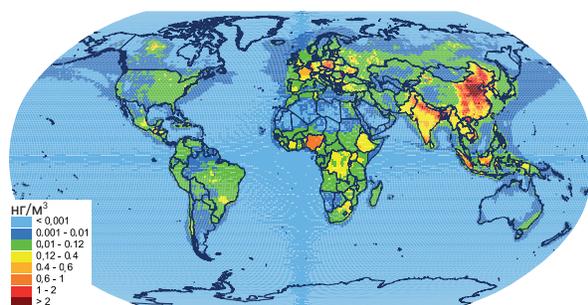
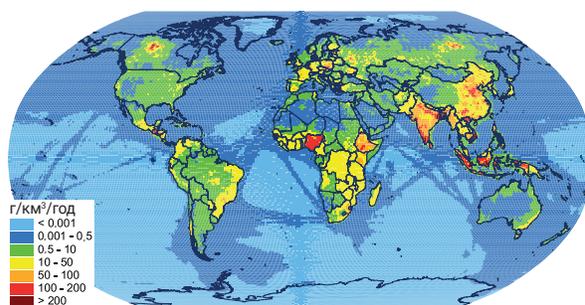


Рисунок V.B
Пространственное распределение потоков осаждения В[а]Р (г/км²/год) по миру в целом за 2016 год



Источник: Gusev, A., and others, 2018.

9. Другие вещества, используемые на морских установках или сбрасываемые с них

Помимо воздействия на окружающую среду, вызванного содержанием в попутно добываемой воде углеводородов, стоит отметить содержащиеся в ней повышенные концентрации таких металлов, как мышьяк, кадмий, хром, медь, свинец, ртуть, никель, серебро и цинк, уровень некоторых из которых в 10^2 – 10^5 раз превышает уровень фоновых концентраций (Jiménez and others, 2018)¹³. В попутно добываемой воде также могут присутствовать в виде растворенных твердых частиц радиоактивные материалы естественного происхождения, возникающие в геологических формациях. К наиболее распро-

страненным из таких соединений относятся радий-226, радий-228 и барий (Bou-Rabee and others, 2009)¹⁴. Для минимизации негативного воздействия попутно добываемой воды на окружающую среду прилагаются усилия, направленные на: а) использование лишь небольшого объема воды в ходе процесса добычи нефти; б) повторное использование воды и с) избавление от этой воды на море (Jiménez and others, 2018).

Как было заключено в первой «Оценке», в знаниях об оценке крупномасштабного воздействия попутно добываемой воды по-прежнему есть пробелы (OSPAR, 2018a). В регионе Северного

¹³ О потенциальном негативном воздействии металлов сообщается в разделе 4 настоящей главы.

¹⁴ О потенциальных негативных последствиях радиоактивных материалов естественного происхождения сообщается в разделе 5 настоящей главы.

моря Комиссия ОСПАР прилагает все усилия для обеспечения к 2017 году поэтапного отказа от наиболее токсичных химических веществ, используемых в морской добыче. Хотя эта цель была достигнута лишь частично, по крайней мере на норвежском континентальном шельфе с 2014 по 2016 год вообще не использовались химические вещества, включенные в Перечень химических продуктов для приоритетных действий, составленный ОСПАР. Общий объем использования и сброса химических веществ на норвежском континентальном шельфе достиг своего пика в 2013 году, и аналогичная тенденция наблюдалась в отношении сброса на континентальном шельфе Соединенного Королевства (OSPAR, 2018b). Общее количество химических веществ, использованных на шельфе, составило в 2016 году 398 158 тонн. В общей сложности

71 процент (вес) использованных химических веществ был включен в разработанный ОСПАР Перечень веществ, используемых в открытом море и сбрасываемых в него, которые считаются малоопасными или не представляющими опасности для окружающей среды, 28 процентов (вес) представляли другие незамещающие химические вещества и 1 процент составляли замещающие химические вещества (т. е. химические вещества, содержащие одно или несколько веществ, которые являются кандидатами на замещение). В дополнение к работе, проделанной по постепенному отказу от использования токсичных химических веществ, были предложены новые технологии, например, такие, которые связаны с усовершенствованными процессами окисления для ремедиации попутно добываемой воды (Jiménez and others, 2018).

10. Связь с целями в области устойчивого развития

Атмосферное осаждение различных загрязняющих веществ на воду (или землю) напрямую связано с целью 14, но также имеет отношение к большинству, если не ко всем целям в области устойчивого развития¹⁵ например, целям 2 и 6 или целям, достижение которых может оказать воздействие на выбросы в атмосферу, включая цели 1 и 8, поскольку снабжение чистой и безопасной водой является одним из необходимых условий жизни на Земле.

Присутствие CO₂ в концентрациях, которые могут привести к пагубным последствиям, означает, что задача 14.1 целей в области устойчивого развития вряд ли будет выполнена к 2025 году. Что касается многих унаследованных CO₂, таких как ПХБ, то объемы их выбросов, сбросов и потерь очень низки; проблема заключается в их повторном возникновении в осадочных породах вследствие устойчивости CO₂ к биодegradации. Кроме того, сохраняется явная потребность в расширении научных знаний (задача 14.а целей в области устойчивого развития и другие цели), касающихся совокупного воздействия увеличивающегося количества химических веществ, с которыми вступает в контакт морская биота.

Что касается задачи 3.9 целей в области устойчивого развития, то при нынешних концентрациях CO₂, металлов, фармацевтических препаратов и средств личной гигиены и углеводов выполнить ее будет непросто, особенно с точки зрения достижения существенного сокращения загрязнения воды. В настоящей главе не проводится оценка воздействия CO₂, металлов, фармацевтических препаратов и средств личной гигиены и углеводов на здоровье человека, однако признается, что морские млекопитающие подвергаются воздействию CO₂, причем концентрации некоторых CO₂ и металлов снижаются медленными темпами, а повышающиеся концентрации сказываются на главных хищниках.

Для выполнения задачи 2.1 целей в области устойчивого развития потребуется проведение более согласованных программ мониторинга, охватывающих съедобные морские растения и животных, в целях обеспечения качества морских источников пищи.

Имеющаяся информация о воздействии на морскую среду ионизирующего излучения, поступающего из антропогенных источников, позволяет предположить, что оно, вероятно, не создает зна-

¹⁵ См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

чительных проблем для достижения задачи 14.1. Вместе с тем информации о выбросах радионуклидов в подавляющей части регионов мира крайне недостаточно.

Соответствующие фармацевтические препараты и средства личной гигиены стоит включить в уже созданные долгосрочные международные, национальные и региональные программы мониторинга, с тем чтобы они служили научной базой для составления «контрольных списков» фармацевтических препаратов и средств личной гигиены в конкретных регионах, в частности в прибрежных водах. На национальном и международном уровнях не должно быть никакого разделения между экологическими нормами и законодательством, касающимися наземных и морских экосистем, при этом прибрежные районы должны рассматриваться в качестве переход-

ной зоны в «континууме водосбора и моря» и в качестве связующего звена между целями 6 и 14.

По мере усиления в океане воздействия увеличивающейся концентрации диоксида углерода, поступающего из антропогенных источников, становится все более очевидным, что морская биота подвергается еще одному стрессору – закислению океана. Снижение показателей pH (см. гл. 9), наряду с повышением температуры и уменьшением содержания растворенного кислорода, представляет собой риск того, что биота, уже ставшая уязвимой в результате нагрузки загрязняющими веществами, не выстоит перед целым рядом стрессоров (см. также гл. 25), с которыми она сталкивается. В рамках деятельности по борьбе с изменением климата было бы желательно уменьшить в океане присутствие целого ряда стрессоров.

11. Основные сохраняющиеся в знаниях пробелы

В ходе первой «Оценки» было подчеркнуто, что необходимость работы с участием целого ряда различных организаций лишь ограничивает возможность проведения четких сопоставлений между качеством окружающей среды в различных районах океана ввиду использования различных методов измерения и весьма различных диапазонов наблюдаемых разновидностей химических веществ. Ситуация пока не изменилась.

Сбор информации об атмосферных осадениях различных загрязняющих веществ в значительной степени зависит от методов моделирования, используемых для увеличения пространственного охвата. Для того, чтобы иметь возможность моделировать осадения, крайне необходимо иметь в своем распоряжении высококачественные данные о выбросах и осадениях. Эти данные необходимо собирать и использовать при региональном и/или глобальном моделировании, чтобы упростить подготовку оценок пространственно-временных осадений с высоким разрешением. Вместе с тем объем такого рода основных данных ограничен, особенно по некоторым океаническим районам, что вполне очевидно из настоящей «Оценки», в которой не хватает информации по значительной части Мирового океана.

Изменения в промышленном производстве приводят к изменению отдельных установок, а также точечных источников и смесей веществ. В связи с расширением сферы охвата Стокгольмской конвенции возникает необходимость в сборе информации о концентрациях перечисленных в Конвенции соединений в окружающей среде, что позволит нам учесть их совокупное воздействие (см. гл. 25) и эффективность процессов, направленных на ликвидацию выбросов и использование этих соединений.

Необходимо отметить, что биологическое воздействие и совокупное воздействие химических веществ, о которых подробно говорится в Стокгольмской конвенции, нуждается в проведении масштабных исследований, позволяющих подготовить соответствующие оценки состояния, особенно в тех случаях, когда изменения связаны с воздействием повышенных концентраций парниковых газов в атмосфере (например, потепление океана, дезоксигенация океана, закисление океана и изменение частоты дыхания).

Прилагаемые сейчас усилия и анализируемые в рамках программы GEOTRACES временные ряды позволят улучшить пространственное разрешение как на глобальном, так и на региональном уровне. Вместе с тем значительно более высокое

разрешение необходимо и для повышения точности оценок тенденций в отношении микроэлементов и их изотопов. На данный момент отсутствуют временные ряды по опасным веществам в Южной Атлантике и южной части Тихого океана, а также данные по Южному океану. Масштабы трансграничного загрязнения морской среды только предстоит изучить надлежащим образом. Для картирования загрязнения прибрежных вод и донных отложений требуется прилагать более комплексные усилия наряду с более глобальными целенаправленными исследованиями биоты, с тем чтобы воздействие можно было определить в более широких (океанических) масштабах.

Необходимо координировать пространственно-временной отбор проб металлов таким образом, чтобы в данных отражалась глобальная стратегия. Для этого потребуются прилагать комплексные усилия, возможно, по линии конвенций и планов действий ЮНЕП по региональным морям, и заниматься пробоотбором как в прибрежной зоне, так и в открытом океане. По мере оптимизации разрешающей способности пробоотбора, обеспечивающей возможность определения изменения концентрации с известной долей уверенности, будет требоваться разработка руководящих принципов контроля и обеспечения качества, включая интеркалибрацию.

Подробная информация об уровнях сбросов радиоактивных веществ в морскую среду за пределами Северо-Восточной Атлантики и прилегающих к ней морей публикуется в весьма ограниченном объеме. Известно, что ведется масштабный мониторинг. В этой связи приводятся доводы о необходимости возродить и расширить базу данных МАГАТЭ о выбросах радионуклидов в атмосферу и водную среду, что позволит создать более широкую платформу для публикации информации.

Кроме того, приветствуется намерение МАГАТЭ повторно провести исследования, реализованные Агентством в 1995 и 2005 годах (IAEA, 1995, 2005) по уровням содержания естественных и антропогенных радионуклидов в рыбах и морской воде в различных крупных рыбопромысловых районах. Такая инициатива должным образом бы увязалась с Десятилетием Организации Объединенных Наций, посвященным нау-

ке об океане в интересах устойчивого развития (2021–2030 годы).

Обзор исследований, посвященных воздействию ионизирующего излучения на ракообразных, позволяет сделать вывод о недостаточном охвате данных, в частности в данной области, и предполагает, что аналогичные проблемы могут существовать и в других таксономических группах (Fuller and others, 2019), что подразумевает необходимость дальнейших исследований по данной теме.

Довольно большое количество фармацевтических препаратов и средств личной гигиены, обнаруженных в морских экосистемах, свидетельствует, прежде всего, о потенциале современных аналитических методов, позволяющих выявлять эти вещества и их метаболиты и подсчитывать их количество. Вместе с тем они необязательно выявляют весь спектр фармацевтических препаратов и средств личной гигиены, присутствующих в морской среде. Серьезной проблемой при использовании существующих аналитических методов по-прежнему является определение ультраследовых уровней концентраций фармацевтических препаратов и средств личной гигиены в морской воде, донных отложениях и биоте. Вместе с тем технологические разработки и новые способы применения этих методов позволят еще больше сократить ограничения, связанные с количественной оценкой, а также выявить новые и не известные в настоящее время фармацевтические препараты и средства личной гигиены (Kallenborn and others, 2018).

Необходимо согласовать как стратегии активного и пассивного отбора проб, так и аналитические методологии анализа уровней концентрации фармацевтических препаратов и их метаболитов и средств личной гигиены в морской среде. Это обеспечит общее качество данных и позволит более эффективно сравнивать данные, полученные из разных лабораторий и географических регионов (Arpin-Pont and others, 2016).

Поскольку фармацевтические препараты и средства личной гигиены в основном выделяются, не претерпевая никаких изменений, или в виде метаболитов, ориентироваться только на исходные соединения нецелесообразно; как в процедуры аналитической проверки, так и в оценку рисков

должны быть включены основные продукты преобразования (Rivera-Utrilla and others, 2013).

На сегодняшний день всеобъемлющего набора данных, содержащего показатели распространения фармацевтических препаратов и средств личной гигиены в прибрежных районах и в открытом океане по всему миру, нет, что означает, что провести какую-либо потенциальную оценку воздействия этих препаратов и средств на морские организмы пока не удастся. Было бы желательно создать в поддержку проведения оценки и моделирования рисков базу данных и предоставить информацию для регулирования уровней концентрации фармацевтических препаратов и средств личной гигиены на международном уровне. В связи с отсутствием достаточного объема данных, особенно по различным трофическим уровням в морских пищевых це-

пях, необходимо применять коэффициент безопасности в 10 000, что влечет за собой высокую неопределенность описания соединений с точки зрения их риска (European Medicines Agency (EMA), 2018).

Для дальнейшей оценки экотоксичности исследованных фармацевтических препаратов и средств личной гигиены и анализа того, могут ли наблюдаемые концентрации оказывать воздействие на морские экосистемы, важно будет повысить точность данных о морских тест-организмах. Такие усилия должны быть сосредоточены на выявлении последствий хронической токсичности, характеризующейся облучением в малых дозах, в рамках долгосрочных исследований, которые должны включать изучение поведения смесей химических веществ (Deruytter and others, 2017).

12. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала

Наличие многосоставных смесей, состоящих из СОЗ и элементов фармацевтических препаратов и средств личной гигиены, в сочетании с тем, что даже при очень низких концентрациях эти соединения могут быть токсичными, свидетельствует о необходимости развития необходимых аналитических возможностей в глобальном масштабе.

Отбор проб и последующий анализ в открытом океане, а также в прибрежных и шельфовых морях необходимо проводить на глобальной основе систематическим образом и согласно стандарту качества, причем пробоотбор и анализ должны охватывать как первоначальные, так и новые СОЗ, которые подробно перечислены в Стокгольмской конвенции, а также металлы, фармацевтические препараты и средства личной гигиены, радиоактивные вещества, NO_x , SO_x и углеводороды. Хотя ожидается возникновение серьезных трудностей с точки зрения аналитики, такой подход позволит проводить точные пространственно-временные оценки, которые в конечном счете послужат основой для принятия более эффективных управленческих решений в отношении использования СОЗ, фармацевтических препаратов и средств личной гигиены и дру-

гих материалов, которые могут иметь пагубные последствия для морской среды.

Хотя в полярных регионах и в организмах главных хищников продолжается накопление СОЗ, ни в одной из этих сред не представляется возможным провести прямой отбор проб. В этой связи необходимо приложить больше усилий для разработки более согласованных планов мониторинга, с тем чтобы сбор проб для определения концентраций СОЗ стал неотъемлемой частью как можно большего числа программ, особенно в регионах, которые, как известно, подвержены воздействию СОЗ. Кроме того, необходимо повысить уровень осведомленности и понимания перемещения СОЗ по пищевым цепям. Разработка коэффициентов трофического усиления должна позволить смоделировать концентрации в пищевых цепях, что даст представление о вероятных концентрациях СОЗ в видах, в которых пробоотбор затруднен.

Повторное появление загрязняющих веществ является одним из значимых источников СОЗ, что способствует сохранению повышенных концентраций, например, ПХД. Вместе с тем установление четкого понимания маршрутов и путей попадания загрязняющих веществ в океан по-

зволит лучше оценивать и принимать адресные меры, предоставлять информацию по вопросам потенциального повторного появления загрязняющих веществ и, вероятно, даст возможность прогнозировать время восстановления. Кроме того, одним из основных соображений при проведении оценок в будущем должно быть определение реальной экологической ситуации, обусловленной смешанным воздействием целого ряда факторов, в частности воздействием на окружающую среду не только отдельных веществ или групп веществ, но и сложным и потенциально усиливающимся воздействием многочисленных современных опасных веществ.

За многие десятилетия анализов произошло улучшение как приборов, так и методологии отбора проб и способов их хранения. Вместе с тем при определении временных тенденций наибольшее внимание зачастую уделяется выявленной концентрации, а на соответствующий предел обнаружения прибора, используемого для отбора конкретной пробы, обращается меньше внимания. В этом контексте необходимо рассмотреть более технические и конкретные аспекты анализа (Mangano and others, 2017). Кроме того, в поддержку проведения оценок в будущем необходимо будет пересмотреть и согласовать пороговые значения, используемые в рамках отдельных показателей, с тем чтобы обеспечить их актуальность и применимость. Также будет полезно получить исчерпывающую информацию о новых источниках загрязняющих веществ, в частности о тех, которые появляются в результате деятель-

ности в открытом море, например в результате действия ветровых электростанций.

Необходимо создавать лаборатории, способные расширить знания о токсичности CO₂ и фармацевтических препаратах и средствах личной гигиены в морских системах. Кроме того, крайне важно развить инфраструктуру, которая позволит проводить оценку относительной значимости воздействия CO₂ и фармацевтических препаратов и средств личной гигиены в более масштабном кумулятивном воздействии многочисленных стрессоров, которым подвергаются морские виды и среды обитания, особенно в связи с изменением климата и закислением океана.

Как и в случае с другими видами наблюдения за опасными веществами, в большинстве развивающихся стран существуют серьезные пробелы в потенциале наблюдений за концентрациями CO₂, металлов, фармацевтических препаратов и средств личной гигиены и радионуклидов в морской среде.

Минаматская конвенция о ртути¹⁶ вступила в силу 16 августа 2017 года и включает статьи в поддержку ее участников, в том числе в отношении формирования потенциала и оказания технической помощи, а также медицинских аспектов, информирования общественности, образования и проведения наблюдений. Сторонами Конвенции являются 113 стран (по состоянию на июль 2020 года).

Кроме того, необходимо прилагать усилия по сокращению числа источников поступления этих опасных веществ в океан.

Справочная литература

- Ahrens, Lutz and others (2010). Distribution of polyfluoroalkyl compounds in water, suspended particulate matter and sediment from Tokyo Bay, Japan. *Chemosphere*, vol. 79, No. 3, pp. 266–272.
- Akagi, Tasuku, and Keisuke Edanami (2017). Sources of rare earth elements in shells and soft-tissues of bivalves from Tokyo Bay. *Marine Chemistry*, vol. 194, pp. 55–62.
- Al-Ansari, Ebrahim M.A.S., and others (2017). Mercury accumulation in *Lethrinus nebulosus* from the marine waters of the Qatar EEZ. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 121, Nos. 1–2, pp. 143–153.
- Ali, Aasim M., and others (2017). Occurrence of pharmaceuticals and personal care products in effluent-dominated Saudi Arabian coastal waters of the Red Sea. *Chemosphere*, vol. 175, pp. 505–513.

¹⁶ UNEP(DTIE)/Hg/CONF/4, приложение II.

- Allen, Heather K., and others (2010). Call of the wild: antibiotic resistance genes in natural environments. *Nature Reviews Microbiology*, vol. 8, No. 4, pp. 251–259.
- Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) (2015). Temporal trends in Persistent Organic Pollutants in the Arctic. ISBN – 978-82-7971-100-1.
- _____ (2016). www.amap.no.
- Alo, B., others (2014) Studies and transactions on pollution assessment of the Lagos Lagoon system, Nigeria. In *The Land/Ocean Interactions in the Coastal Zone of West and Central Africa*. S. Diop and others, eds. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 65–76. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06388-1>.
- Arnold, Kathryn E., and others (2014). *Medicating the Environment: Assessing Risks of Pharmaceuticals to Wildlife and Ecosystems*. The Royal Society.
- Arpin-Pont, Lauren, and others (2016). Occurrence of PPCPs in the marine environment: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, No. 6, pp. 4978–4991.
- Aus der Beek, Tim, and others (2016). *Pharmaceuticals in the Environment: Global Occurrence and Potential Co-operative Action under the Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM)*. Dessau-Roßlau: German Environment Agency.
- Bachman, Melannie J., and others (2014). Persistent organic pollutant concentrations in blubber of 16 species of cetaceans stranded in the Pacific Islands from 1997 through 2011. *Science of the Total Environment*, vol. 488, pp. 115–123.
- Bakke, Torgeir, and others (2013). Environmental impacts of produced water and drilling waste discharges from the Norwegian offshore petroleum industry. *Marine Environmental Research*, vol. 92, pp. 154–169.
- Balk, Lennart, and others (2011). Biomarkers in natural fish populations indicate adverse biological effects of offshore oil production. *PLoS One*, vol. 6, No. 5.
- Balmer, Brian C. and others (2015). Persistent organic pollutants (POPs) in blubber of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) along the northern Gulf of Mexico coast, USA. *Science of the Total Environment* vol. 527, pp. 306–312.
- Baltic Marine Environment Protection Commission (HELCOM) (2013). *Thematic Assessment of Long-Term Changes in Radioactivity in the Baltic Sea, 2007-2010*. Baltic Sea Environmental Proceedings 135. Helsinki, Finland: HELCOM. http://stateofthebalticsea.helcom.fi/wp-content/uploads/2018/07/HELCOM_Thematic-assessment-of-hazardous-substances-2011-2016_pre-publication.pdf.
- _____ (2018a). *HELCOM Thematic Assessment of Hazardous Substances 2011-2016: Supplementary Report to the 'State of the Baltic Sea' Report*. http://stateofthebalticsea.helcom.fi/wp-content/uploads/2018/07/HELCOM_Thematic-assessment-of-hazardous-substances-2011-2016_pre-publication.pdf.
- _____ (2018b). *Inputs of Hazardous Substances to the Baltic Sea*. Baltic Sea Environment Proceedings 161. www.helcom.fi/Lists/Publications/BSEP162.pdf.
- _____ (2018c). *Metals HELCOM Core Indicator 2018. HELCOM Core Indicator Report*. ISSN: 2343-2543. HELCOM Core Indicator Report. www.helcom.fi/baltic-sea-trends/indicators/metals.
- Bau, Michael, and Peter Dulski (1996). Anthropogenic origin of positive gadolinium anomalies in river waters. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 143, Nos. 1–4, pp. 245–255.
- Bebiano, M.J., and M. Gonzalez-Rey (2015). Ecotoxicological risk of personal care products and pharmaceuticals. In *Aquatic Ecotoxicology*, pp. 383–416. Elsevier.
- Benskin, Jonathan P., and others (2012). Perfluoroalkyl acids in the Atlantic and Canadian Arctic oceans. *Environmental Science & Technology*, vol. 46, No. 11, pp. 5815–5823.
- Birch, G.F., and others (2015). Emerging contaminants (pharmaceuticals, personal care products, a food additive and pesticides) in waters of Sydney estuary, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 97, Nos. 1–2, pp. 56–66.

- Bodin, Nathalie, and others (2017). Trace elements in oceanic pelagic communities in the western Indian ocean. *Chemosphere*, vol. 174, pp. 354–362.
- Boitsov, Stepan, and others (2019). Levels and temporal trends of persistent organic pollutants (POPs) in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) from the southern Barents Sea. *Environmental Research*, vol. 172, pp. 89–97.
- Bou-Rabee, F., and others (2009). Technologically enhanced naturally occurring radioactive materials in the oil industry (TENORM). A review. *Nukleonika*, vol. 54, No. 1, pp. 3–9.
- Bowman, Katlin L., and others (2016). Distribution of mercury species across a zonal section of the Eastern Tropical South Pacific. *Marine Chemistry*, vol. 186, pp. 156–166.
- Boxall, Alistair B.A., and others (2012). Pharmaceuticals and personal care products in the environment: what are the big questions? *Environmental Health Perspectives*, vol. 120, No. 9, pp. 1221–1229.
- Bratkovics, Stephanie, and Yelena Sapozhnikova (2011). Determination of seven commonly used organic UV filters in fresh and saline waters by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Analytical Methods*, vol. 3, pp. 2943–2950.
- Bridgestock, Luke, and others (2016). Return of naturally sourced Pb to Atlantic surface waters. *Nature Communications*, vol. 7, art. 12921.
- Brown, T.J., and others (2019). *World Mineral Production 2013–17*. British Geological Survey.
- Bu, Qingwei, and others (2016). Assessing the persistence of pharmaceuticals in the aquatic environment: challenges and needs. *Emerging Contaminants*, vol. 2, No. 3, pp. 145–147.
- Buesseler, Ken, and others (2017). Fukushima Daiichi-derived radionuclides in the ocean: transport, fate, and impacts. *Annual Review of Marine Science*, vol. 9, pp. 173–203.
- Butt, Craig M., and others (2010). Levels and trends of poly- and perfluorinated compounds in the Arctic environment. *Science of the Total Environment*, vol. 408, No. 15, pp. 2936–2965.
- Caldwell, Daniel J. (2016). Sources of pharmaceutical residues in the environment and their control. In *Pharmaceuticals in the Environment. Issues in Environmental Science and Technology*, No. 41, R.E. Hester and R.M. Harrison, eds., pp. 92–119.
- Camus, L., and others (2015). Comparison of produced water toxicity to Arctic and temperate species. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 113, pp. 248–258.
- Carlsson, Pernilla, and others (2018). Polychlorinated biphenyls (PCBs) as sentinels for the elucidation of Arctic environmental change processes: a comprehensive review combined with ArcRisk project results. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, No. 23, pp. 22499–22528.
- Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR) (2017a). *Inputs of Mercury, Cadmium and Lead via Water and Air to the Greater North Sea*. OSPAR Intermediate Assessment 2017. <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/pressures-human-activities/contaminants/heavy-metal-inputs>.
- _____ (2017b). *Intermediate Assessment 2017*. <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017>.
- _____ (2017c). *Status and Trend for Heavy Metals (Cadmium, Mercury and Lead) in Sediment*. OSPAR Intermediate Assessment 2017. <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/pressures-human-activities/contaminants/metals-sediment>.
- _____ (2017d). *Status and Trend for Heavy Metals (Mercury, Cadmium, and Lead) in Fish and Shellfish*. OSPAR Intermediate Assessment 2017. <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/pressures-human-activities/contaminants/metals-fish-shellfish>.
- _____ (2017e). *Status and Trends in the Levels of Imposex in Marine Gastropods (TBT in Shellfish)*. OSPAR Intermediate Assessment 2017. <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/pressures-human-activities/contaminants/imposex-gastropods>.

- _____ (2018a). *Assessment of the Discharges, Spills and Emissions from Offshore Installations on the Norwegian Continental Shelf in 2012–2016*.
- _____ (2018b). *Assessment of the Discharges, Spills and Emissions from Offshore Installations on the United Kingdom Continental Shelf in 2012–2016*.
- _____ (2018c). *Annual Report on Discharges of Radioactive Substances from the Non-Nuclear Sector in 2016*. www.ospar.org/documents?v=38960.
- Cossa, Daniel, and others (2011). Mercury in the Southern Ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 75, No. 14, pp. 4037–4052.
- Cunningham, Patricia A., and others (2019). Assessment of metal contamination in Arabian/Persian Gulf fish: a review. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 143, pp. 264–283.
- Dastoor, Ashu P., and Dorothy A. Durnford (2013). Arctic Ocean: is it a sink or a source of atmospheric mercury? *Environmental Science & Technology*, vol. 48, No. 3, pp. 1707–1717.
- Deruytter, David, and others (2017). Mixture toxicity in the marine environment: model development and evidence for synergism at environmental concentrations. *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 36, No. 12, pp. 3471–3479.
- Desforges, Jean-Pierre, and others (2018). Predicting global killer whale population collapse from PCB pollution. *Science*, vol. 361, No. 6409, pp. 1373–1376.
- Dirtu, Alin C., and others (2016). Contrasted accumulation patterns of persistent organic pollutants and mercury in sympatric tropical dolphins from the south-western Indian Ocean. *Environmental Research*, vol. 146, pp. 263–273.
- Du, Juan, and others (2017). Antibiotics in the coastal water of the South Yellow Sea in china: occurrence, distribution and ecological risks. *Science of the Total Environment*, vol. 595, pp. 521–527.
- El Kateb, Akram, and others, 2020. Impact of industrial phosphate waste discharge on the marine environment in the Gulf of Gabes (Tunisia), *PloS One*, 17 May 2018.
- Esposito, Mauro, and others (2018). Total mercury content in commercial swordfish (*Xiphias gladius*) from different FAO fishing areas. *Chemosphere*, vol. 197, pp. 14–19.
- European Environment Agency (EEA) (2013). The impact of international shipping on European air quality and climate forcing. EEA Technical report No. 4/2013. www.eea.europa.eu/publications/the-impact-of-international-shipping.
- European Medicines Agency (EMA) (2018). *Draft Guideline on the Environmental Risk Assessment of Medicinal Products for Human Use*. London.
- European Union (2018). Report on the implementation and compliance with Directive (EU) 2016/802 which is transposing MARPOL Annex VI requirements into EU law. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0188>.
- Fair, P.A., and others (2019). Perfluoroalkyl substances (PFASs) in edible fish species from Charleston Harbor and tributaries, South Carolina, United States: exposure and risk assessment. *Environmental Research*, vol. 171, pp. 266–277.
- Fang, Tien-Hsi, and others (2012). The occurrence and distribution of pharmaceutical compounds in the effluents of a major sewage treatment plant in Northern Taiwan and the receiving coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, No. 7, pp. 1435–1444.
- Fent, Karl, and others (2006). Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology*, vol. 76, No. 2, pp. 122–159.
- Fisch, Kathrin, and others (2017). Occurrence of pharmaceuticals and UV-filters in riverine run-offs and waters of the German Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 124, No. 1, pp. 388–399. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.057>.

- Fisher, David, and others (2012). Recent melt rates of Canadian Arctic ice caps are the highest in four millennia. *Global and Planetary Change*, vol. 84, pp. 3–7.
- Fuller, Neil, and others (2019). Impacts of ionising radiation on sperm quality, DNA integrity and post-fertilisation development in marine and freshwater crustaceans. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 186, 109764.
- Gauss, Michael, and others (2018). Atmospheric supply of nitrogen, cadmium, mercury, benzo(a)pyrene and PVB-153 to the Baltic Sea in 2016. *EMEP/MS-CW Technical Report 1/2018*.
- Gaw, Sally, and others (2014). Sources, impacts and trends of pharmaceuticals in the marine and coastal environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 369, No. 1656, 20130572.
- Global Energy Statistics Yearbook (2018). <https://yearbook.enerdata.net/crude-oil/world-production-statistics.html>.
- Gnandi, Kissao, and others (2011). Increased bioavailability of mercury in the lagoons of Lomé, Togo: the possible role of dredging. *Ambio*, vol. 40, No. 1, pp. 26–42.
- Godard-Codding, Céline A.J., and others (2011). Pacific Ocean-wide profile of CYP1A1 expression, stable carbon and nitrogen isotope ratios, and organic contaminant burden in sperm whale skin biopsies. *Environmental Health Perspectives*, vol. 119, No. 3, p. 337.
- González-Gaya, Belén, and others (2014). Perfluoroalkylated substances in the global tropical and subtropical surface oceans. *Environmental Science & Technology*, vol. 48, No. 22, pp. 13076–13084. <https://doi.org/10.1021/es503490z>.
- Gonzalvo, J., and others (2016). The Gulf of Ambracia's common bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*: a highly dense and yet threatened population. *Advances in Marine Biology*, vol. 75, pp. 259–296.
- Gothwal, Ritu, and Thhatikkonda Shashidhar (2015). Antibiotic pollution in the environment: a review. *Clean–Soil, Air, Water*, vol. 43, No. 4, pp. 479–489.
- Gullberg, Erik, and others (2011). Selection of resistant bacteria at very low antibiotic concentrations. *PLoS Pathogens*, vol. 7, No. 7, e1002158.
- Gusev, A. (2018). *Atmospheric Deposition of Benzo(a)Pyrene on the Baltic Sea. HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheets*.
- Gusev, A., and others (2018). Persistent Organic Pollutants: assessment of transboundary pollution on global, regional, and national scales. *EMEP Status Report 3/2018*, July 2018. http://en.msceast.org/reports/3_2018.pdf.
- Hassan, Hassan, and others (2019). Baseline concentrations of mercury species within sediments from Qatar's coastal marine zone. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 142, pp. 595–602.
- Hatje, Vanessa, and others (2014). Determination of rare earth elements after pre-concentration using NOBI-AS-chelate PA-1® resin: method development and application in the San Francisco Bay plume. *Marine Chemistry*, vol. 160, pp. 34–41.
- Hatje, Vanessa, and others (2018). Trace-metal contaminants: human footprint on the ocean. *Elements: An International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology*, vol. 14, No. 6, pp. 403–408.
- Hatosy, Stephen M., and Adam C. Martiny (2015). The ocean as a global reservoir of antibiotic resistance genes. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 81, No. 21, pp. 7593–7599.
- Hauge, K.H., and others (2014). Inadequate risk assessments – a study on worst-case scenarios related to petroleum exploitation in the Lofoten area. *Marine Policy*, vol. 44, pp. 82–89.
- He, P., and others (2013). A summary of global ¹²⁹I in marine waters. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, vol. 294, pp. 537–541.

- Heberer, T. (2002). Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. *Toxicology Letters*, vol. 131, Nos. 1–2, pp. 5–17.
- Heimbürger, Lars-Eric, and others (2015). Shallow methylmercury production in the marginal sea ice zone of the central Arctic Ocean. *Scientific Reports*, vol. 5, art. 10318.
- Hermann, L., and others (2018). Phosphorus processing – potentials for higher efficiency. *Sustainability*, vol. 10, No. 5, art. 1482.
- Hernández, F., and others (2019). Occurrence of antibiotics and bacterial resistance in wastewater and sea water from the Antarctic. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 363, pp. 447–456.
- Hong, G.-H., and others (2011). Applications of anthropogenic radionuclides as tracers to investigate marine environmental processes. In *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, pp. 367–394. Springer.
- Hou, X., and others (2013). Iodine-129 in seawater offshore Fukushima: distribution, inorganic speciation, sources, and budget. *Environmental Science & Technology*, vol. 47, pp. 3091–3098.
- Hussy, Ines, and others (2012). Determination of chlorinated paraffins in sediments from the Firth of Clyde by gas chromatography with electron capture negative ionisation mass spectrometry and carbon skeleton analysis by gas chromatography with flame ionisation detection. *Chemosphere*, vol. 88, No. 3, pp. 292–299.
- Ilyin, I., and others (2018). Assessment of heavy metal transboundary pollution on global, regional and national scales. *EMEP Status Report 2/2018*. http://en.msceast.org/reports/2_2018.pdf.
- International Atomic Energy Agency (IAEA) (1995). Sources of radioactivity in the marine environment and their relative contributions to overall dose assessment from marine radioactivity (MARDOS), IAEA-TECDOC-838, IAEA, Vienna.
- _____ (2005). Worldwide marine radioactivity studies (WOMARS): radionuclide levels in oceans and seas, IAEA-TECDOC-1429, IAEA, Vienna.
- _____ (2015). *Inventory of Radioactive Material Resulting from Historical Dumping, Accidents and Losses at Sea*. TECDOC Series 1776. Vienna: IAEA. www.iaea.org/publications/10925/inventory-of-radioactive-material-resulting-from-historical-dumping-accidents-and-losses-at-sea.
- _____ (2019a). Power reactor information system (PRIS) database. www.iaea.org/resources/databases/power-reactor-information-system-pris.
- _____ (2019b). Events and highlights on the progress related to recovery operations at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. www.iaea.org/sites/default/files/19/09/events-and-highlights-july-2019.pdf.
- International Energy Agency (IEA) (2018a). *Offshore Energy Outlook*. World Energy Outlook Series. <https://doi.org/10.1787/weo-2018-en>.
- _____ (2018b). *Oil Information: Overview*. <https://www.iea.org/reports/oil-information-overview>.
- International Federation of Pharmaceutical Manufacturers & Associations (IFPMA) (2017). *The Pharmaceutical Industry and Global Health: Facts and Figures 2017*. www.ifpma.org/wp-content/uploads/2017/02/IFPMA-Facts-And-Figures-2017.pdf.
- International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) (2018). The potential for cost-effective air emission reductions from international shipping through designation of further Emission Control Areas in EU waters with focus on the Mediterranean Sea. Final Report. https://iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/Shipping_emissions_reductions_main.pdf.
- International Maritime Organization (2019). Construction requirements for oil tankers – double hulls. www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/constructionrequirements.aspx.
- International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF) (2019). *Oil Tanker Spill Statistics 2018*. www.itopf.org/fileadmin/data/Documents/Company_Lit/Oil_Spill_Stats_2019.pdf.
- Jamieson, Alan J., and others (2017). Bioaccumulation of persistent organic pollutants in the deepest ocean fauna. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 1, No. 3, art. 0051.

- Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL) (2020). Reprocessing. www.jnfl.co.jp/en/business/reprocessing.
- Jeong, Yu-Jin, and others (2019). Comparing levels of perfluorinated compounds in processed marine products. *Food and Chemical Toxicology*.
- Jepson, Paul D., and Robin J. Law (2016) Persistent pollutants, persistent threats. *Science*, vol. 352, No. 6292, pp.1388–1389.
- Jepson, Paul D., and others (2016). PCB pollution continues to impact populations of orcas and other dolphins in European waters. *Scientific Reports*, vol. 6, 18573.
- Jiménez, S., and others (2018). State of the art of produced water treatment. *Chemosphere*, vol. 192, pp. 186–208.
- Jonsson, Sofi, and others (2017). Terrestrial discharges mediate trophic shifts and enhance methylmercury accumulation in estuarine biota. *Science Advances*, vol. 3, No. 1, e1601239.
- Josefsson, Sarah (2018). *Hexaklorbensen i Svenska Sediment 1986–2015*.
- Josefsson, Sarah, and Anna Apler (2019). *Miljöföroreningar i Utsjösediment–Geografiska Mönster Och Tidstrender*.
- Kallenborn, Roland, and others (2018). Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in Arctic environments: indicator contaminants for assessing local and remote anthropogenic sources in a pristine ecosystem in change. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, No. 33, pp. 33001–33013.
- Karl, M., and others (2019). Impact of a nitrogen emission control area (NECA) on the future air quality and nitrogen deposition to seawater in the Baltic Sea region. *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 19, No. 3, pp. 1721–1752. <https://doi.org/10.5194/acp-19-1721-2019>.
- Kenna, Timothy C., and others (2012). Intercalibration of selected anthropogenic radionuclides for the GEOTRACES program. *Limnology and Oceanography: Methods*, vol. 10, No. 8, pp. 590–607.
- Klatte, Stephanie, and others (2017). Pharmaceuticals in the environment – a short review on options to minimize the exposure of humans, animals and ecosystems. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, vol. 5, pp. 61–66.
- Koski, M., and others (2017). Ecological effects of scrubber water discharge on coastal plankton: potential synergistic effects of contaminants reduce survival and feeding of the copepod *Acartia tonsa*. *Marine Environmental Research*, vol. 129, pp. 374–385.
- Kötke, Danijela, and others (2019). Prioritised pharmaceuticals in German estuaries and coastal waters: occurrence and environmental risk assessment. *Environmental Pollution*, vol. 255, part I, 113161.
- Kulaksiz, Serkan, and Michael Bau (2007). Contrasting behaviour of anthropogenic gadolinium and natural rare earth elements in estuaries and the gadolinium input into the North Sea. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 260, Nos. 1–2, pp. 361–371.
- Lee, Jong-Mi, and others (2015). Impact of anthropogenic Pb and ocean circulation on the recent distribution of Pb isotopes in the Indian ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 170, pp. 126–144.
- Li, Jing, and others (2017). Organophosphate esters in air, snow, and seawater in the North Atlantic and the Arctic. *Environmental Science & Technology*, vol. 51, No. 12, pp. 6887–6896.
- Liang, Ximei, and others (2013). The distribution and partitioning of common antibiotics in water and sediment of the Pearl River Estuary, South China. *Chemosphere*, vol. 92, No. 11, pp. 1410–1416.
- Lindgren, J. Fredrik, and others (2012). Meiofaunal and bacterial community response to diesel additions in a microcosm study. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, No. 3, pp. 595–601.
- Loos, Robert, and others (2010). Pan-European survey on the occurrence of selected polar organic persistent pollutants in ground water. *Water Research*, vol. 44, No. 14, pp. 4115–4126.
- Loos, Robert, and others (2013). Analysis of polar organic contaminants in surface water of the northern Adriatic Sea by solid-phase extraction followed by ultrahigh-pressure liquid chromatography–QTRAP®

- MS using a hybrid triple-quadrupole linear ion trap instrument. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 405, No. 18, pp. 5875–5885.
- Ma, Yuxin, and others (2017). Organophosphate ester flame retardants and plasticizers in ocean sediments from the North Pacific to the Arctic Ocean. *Environmental Science & Technology*, vol. 51, No. 7, pp. 3809–3815.
- Ma, Yuxin, and others (2018). Concentrations and water mass transport of legacy pops in the Arctic Ocean. *Geophysical Research Letters*, vol. 45, No. 23, pp. 12972–12981.
- Madigan, Daniel J., and others (2012). Pacific bluefin tuna transport Fukushima-derived radionuclides from Japan to California. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, No. 24, pp. 9483–9486.
- Magnér, Jörgen, and others (2010). Application of a novel solid-phase-extraction sampler and ultra-performance liquid chromatography quadrupole-time-of-flight mass spectrometry for determination of pharmaceutical residues in surface sea water. *Chemosphere*, vol. 80, No. 11, pp. 1255–1260.
- Malakoff, David (2014). *Chemical Atlas Shows Where Seas Are Tainted – And Where They Can Bloom*. American Association for the Advancement of Science.
- Mangano, Maria Cristina, and others (2017). Monitoring of persistent organic pollutants in the polar regions: knowledge gaps & gluts through evidence mapping. *Chemosphere*, vol. 172, pp. 37–45.
- Marsili, Letizia, and others (2018). Persistent organic pollutants in cetaceans living in a hotspot area: the Mediterranean Sea. In *Marine Mammal Ecotoxicology*, pp. 185–212. Elsevier.
- Mason, Robert P., and others (2017). The air-sea exchange of mercury in the low latitude Pacific and Atlantic Oceans. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 122, pp. 17–28.
- McCann, Clare M., and others (2019). Understanding drivers of antibiotic resistance genes in High Arctic soil ecosystems. *Environment International*, vol. 125, pp. 497–504.
- McDonough, Carrie A., and others (2018). Dissolved organophosphate esters and polybrominated diphenyl ethers in remote marine environments: Arctic surface water distributions and net transport through Fram Strait. *Environmental Science & Technology*, vol. 52, No. 11, pp. 6208–6216.
- Men, Wu, and others (2015). Radioactive status of seawater in the northwest Pacific more than one year after the Fukushima nuclear accident. *Scientific Reports*, vol. 5, art. 7757.
- Mohammed, Azad, and others, 2012. Metals in sediments and fish from Sea Lots and Point Lisas Harbors, Trinidad and Tobago. *Marine Pollution Bulletin* vol. 64, No. 1, pp. 169–173.
- Molins-Delgado, Daniel, and others (2017). UV filters and benzotriazoles in urban aquatic ecosystems: the footprint of daily use products. *Science of the Total Environment*, vol. 601, pp. 975–986.
- Moodley, Leon, and others (2018). Effects of low crude oil chronic exposure on the northern krill (*Meganyctiphanes norvegica*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 500, pp. 120–131.
- Moreno-González, R., and others (2015). Seasonal distribution of pharmaceuticals in marine water and sediment from a Mediterranean coastal lagoon (SE Spain). *Environmental Research*, vol. 138, pp. 326–344.
- Munson, Kathleen M., and others (2015). Mercury species concentrations and fluxes in the central tropical Pacific Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 29, No. 5, pp. 656–676.
- Na, Guangshui, and others (2013). Occurrence, distribution, and bioaccumulation of antibiotics in coastal environment of Dalian, China. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 69, pp. 233–240.
- National Research Council and Transportation Research Board (2003). *Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects*. Washington, D.C.: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10388>.
- Nödler, Karsten, and others (2014). Polar organic micropollutants in the coastal environment of different marine systems. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 85, No. 1, pp. 50–59.
- Ogata, Tomoya, and Yasutaka Terakado (2006). Rare earth element abundances in some seawaters and related river waters from the Osaka Bay area, Japan: significance of anthropogenic Gd. *Geochemical Journal*, vol. 40, No. 5, pp. 463–474.

- Olmer, Naya, and others (2017). Greenhouse gas emissions from global shipping, 2013–2015. *The International Council on Clean Transportation*.
- Otosaka, S., and others (2018). Distribution and fate of ¹²⁹I in the seabed sediment off Fukushima. *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 192, pp. 208–218.
- Pampanin, Daniela M., and others (2017). DNA adducts in marine fish as biological marker of genotoxicity in environmental monitoring: the way forward. *Marine Environmental Research*, vol. 125, pp. 49–62.
- Paul, Maxence, and others (2015). Tracing the Agulhas leakage with lead isotopes. *Geophysical Research Letters*, vol. 42, No. 20, pp. 8515–8521.
- Pazdro, Ksenia, and others (2016). Analysis of the residues of pharmaceuticals in marine environment: state-of-the-art, analytical problems and challenges. *Current Analytical Chemistry*, vol. 12, No. 3, pp. 202–226.
- Pedreira, Rodrigo M.A., and others (2018). Tracking hospital effluent-derived gadolinium in Atlantic coastal waters off Brazil. *Water Research*, vol. 145, pp. 62–72.
- Pereira, Camilo D. Seabra, and others (2016). Occurrence of pharmaceuticals and cocaine in a Brazilian coastal zone. *Science of the Total Environment*, vol. 548, pp. 148–154.
- Picot-Groz, M., and others (2014). Detection of emerging contaminants (UV filters, UV stabilizers and musks) in marine mussels from Portuguese coast by QuEChERS extraction and GC–MS/MS. *Science of The Total Environment*, vol. 493, pp. 162–69. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.062>.
- Pinzone, Marianna, and others (2015). POPs in free-ranging pilot whales, sperm whales and fin whales from the Mediterranean Sea: influence of biological and ecological factors. *Environmental Research*, vol. 142, pp. 185–196.
- Power Engineering International (PEI) (2019). *World's First Floating Nuclear Power Unit Set to Start Operations*. www.powerengineeringint.com/nuclear/reactors/world-s-first-floating-nuclear-power-unit-set-to-start-operatiing.
- Powers, Maria (2008). Vetting – selected legal aspects of the vessel selection process: with special focus on seaworthiness, duty of care and charter party vetting clauses. PhD Thesis, Faculty of Law, Lund University.
- Praca, Emilie, and others (2011). Toothed whales in the northwestern Mediterranean: insight into their feeding ecology using chemical tracers. *Marine Pollution Bulletin* vol. 62, No. 5, pp. 1058–1065.
- Qin, Xiaofei, and others (2016). Seasonal variation of atmospheric particulate mercury over the East China Sea, an outflow region of anthropogenic pollutants to the open Pacific Ocean. *Atmospheric Pollution Research*, vol. 7, No. 5, pp. 876–883.
- Richardson, Susan D., and Thomas A. Ternes (2011). Water analysis: emerging contaminants and current issues. *Analytical Chemistry*, vol. 83, No.12, pp. 4614–4648.
- Rivera-Utrilla, José, and others (2013). Pharmaceuticals as emerging contaminants and their removal from water. A review. *Chemosphere*, vol. 93, No. 7, pp. 1268–1287.
- Robinson, Kelly J., and others (2018). Persistent organic pollutant burden, experimental POP exposure, and tissue properties affect metabolic profiles of blubber from gray seal pups. *Environmental Science & Technology*, vol. 52, No. 22, pp. 13523–13534.
- Rodil, Rosario, and others (2012). Transformation of phenazone-type drugs during chlorination. *Water Research*, vol. 46, No. 7, pp. 2457–2468.
- Roig, Benoit (2010). *Pharmaceuticals in the Environment*. IWA publishing.
- Rose, Alani, and others (2017). Modeling and Risk Assessment of Persistent, Bioaccumulative and Toxic (PBT) Organic Micropollutants in the Lagos Lagoon. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, vol. 2, No. 2, pp. 22–26.

- Rubarth, Janne, and others (2011). Perfluorinated compounds in red-throated divers from the German Baltic Sea: new findings from their distribution in 10 different tissues. *Environmental Chemistry*, vol. 8, No. 4, pp. 419–428.
- Rusiecka, D., and others (2018). Anthropogenic signatures of lead in the Northeast Atlantic. *Geophysical Research Letters*, vol. 45, No. 6, pp. 2734–2743. <https://doi.org/10.1002/2017GL076825>.
- Sanderson, Hans, and others (2003). Probabilistic hazard assessment of environmentally occurring pharmaceuticals toxicity to fish, daphnids and algae by ECOSAR screening. *Toxicology Letters*, vol. 144, No. 3, pp. 383–395.
- Sanial, Virginie, and others (2017). Unexpected source of Fukushima-derived radiocesium to the coastal ocean of Japan. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, No. 42, pp. 11092–11096.
- Schlitzer, Reiner (2020). Ocean Data View. <https://odv.awi.de>.
- Schlosser, Christian, and others (2016). Distribution and cycling of lead in the high and low latitudinal Atlantic Ocean. American Geophysical Union, Ocean Sciences Meeting 2016, abstract No. CT14B–0130.
- Schlosser, Christian, and others (2019). Distribution of dissolved and leachable particulate Pb in the water column along the GEOTRACES section GA10 in the South Atlantic. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 148, pp. 132–142. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2019.05.001>.
- Scientific Committee on Oceanic Research, Working Group 146 (SCOR-WG146) (2020). *Radioactivity in the Ocean, 5 Decades Later (RiO5). First Report of SCOR Working Group #146, September 2015*. <https://scor-int.org/group/146>.
- Shamsudheen, S.V., and others (2015). Atmospheric Supply of nitrogen, lead, cadmium, mercury and PCBs to the Baltic Sea in 2013. *EMEP/MSW Technical Report*, vol. 2.
- Singh, Surendra (2019). Russia wants to jointly develop small, medium-sized N-plants, including floating N-station, with India. *Times of India*.
- Sköld, Ola (2000). Sulfonamide resistance: mechanisms and trends. *Drug Resistance Updates*, vol. 3, No. 3, pp. 155–160.
- Smith, John N., and others (2015). Arrival of the Fukushima radioactivity plume in North American continental waters. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, No. 5, pp. 1310–1315.
- Soerensen, Anne L., and others (2016). A mass budget for mercury and methylmercury in the Arctic Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 30, No. 4, pp. 560–575.
- Stockholm Convention (2018). *Draft Report on Progress towards the Elimination of Polychlorinated Biphenyls, Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, Small Intersessional Working Group on Polychlorinated Biphenyls, Fourth Meeting (First Face-to-Face Meeting), 12–14 December 2018*.
- Sühring, Roxana, and others (2016). Organophosphate esters in Canadian Arctic air: Occurrence, levels and trends. *Environmental Science & Technology*, vol. 50, No. 14, pp. 7409–7415.
- Sun, Caixin (2015). Persistent organic pollutants in the Arctic, Atlantic and Pacific Oceans. PhD Thesis, University of Rhode Island.
- Sun, Yu-Xin, and others (2014). Persistent organic pollutants in marine fish from Yongxing Island, South China Sea: levels, composition profiles and human dietary exposure assessment. *Chemosphere*, vol. 98, pp. 84–90.
- Sun, Yu-Xin, and others (2017). Halogenated organic pollutants in marine biota from the Xuande Atoll, South China Sea: levels, biomagnification and dietary exposure. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 118, Nos. 1–2, pp. 413–419.
- Suzuki, T., and others (2018). Vertical distribution of ¹²⁹I released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in the Kuroshio and Oyashio current areas. *Marine Chemistry*, vol. 204, pp. 163–171.

- Tamura, Ikumi, and others (2017). Contribution of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) to whole toxicity of water samples collected in effluent-dominated urban streams. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 144, pp. 338–350.
- Tanouayi, Gnon, and others (2016). Distribution of Fluoride in the Phosphorite Mining Area of Hahotoe–Kpogame (Togo). *Journal of Health and Pollution*, vol. 6, No. 10, pp. 84–94.
- Taylor, David (2016). The pharmaceutical industry and the future of drug development. In *Pharmaceuticals in the Environment. Issues in Environmental Science and Technology*, vol. 41, pp. 1–33, R.E. Hester and R.M. Harrison, eds.
- Teuchies, J., and others (2020). The impact of scrubber discharge on the water quality in estuaries and ports. *Environmental Sciences Europe*, vol. 32, No. 1, art. 103.
- Theobald, Norbert, and others (2011). Occurrence of perfluorinated organic acids in the North and Baltic seas. Part 1: distribution in sea water. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 18, No. 7, pp. 1057–1069.
- Turner, David R., and others (2017). Shipping and the environment: smokestack emissions, scrubbers and unregulated oceanic consequences. *Elementa-Science of the Anthropocene*, vol. 5.
- United Nations (2017a). Chapter 17: Shipping. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017b). Chapter 20: Coastal, riverine and atmospheric inputs from land. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017c). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2018). *Review of Maritime Transport*. United Nations.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2019). *Global Mercury Assessment 2018*. UNEP.
- United Nations Environment Programme and United Nations Institute for Training and Research (UNEP and UNITAR) (2018). PCB: A Forgotten Legacy. 2028: Final Elimination of PCB. UNEP.
- United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP) (2012a). Initial integrated assessment of the Mediterranean Sea: Fulfilling step 3 of the ecosystem approach process. United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Athens.
- _____ (2012b). State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment. United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Athens.
- UNEP/MAP/Coordinated Mediterranean Pollution Monitoring and Research Programme (MED POL) (2011a). Hazardous substances in the Mediterranean: a spatial and temporal assessment. United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Athens.
- _____ (2011b). Analysis of trend monitoring activities and data for the MED POL Phase III and IV (1999–2010). United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Athens.
- Vanderford, Brett J., and others (2003). Analysis of endocrine disruptors, pharmaceuticals, and personal care products in water using liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Analytical Chemistry*, vol. 75, No. 22, pp. 6265–6274.
- Verlicchi, Paola, and others (2012). Occurrence of pharmaceutical compounds in urban wastewater: removal, mass load and environmental risk after a secondary treatment – a review. *Science of the Total Environment*, vol. 429, pp. 123–155.
- Vorkamp, Katrin, and others (2019). Current-use halogenated and organophosphorous flame retardants: a review of their presence in Arctic ecosystems. *Emerging Contaminants*, vol. 5, pp. 179–200.
- Wagner, Charlotte C., and others (2019). A global 3-D ocean model for PCBs: benchmark compounds for understanding the impacts of global change on neutral persistent organic pollutants. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 33, No. 3, pp. 469–481.

- Wang, Guang, and others (2010). Hexachlorobenzene sources, levels and human exposure in the environment of China. *Environment International*, vol. 36, No. 1, pp. 122–130.
- Webster, Lynda, and others (2014). Halogenated persistent organic pollutants in relation to trophic level in deep sea fish. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 88, Nos. 1–2, pp. 14–27.
- Weigel, Stefan, and others (2004). Determination of selected pharmaceuticals and caffeine in sewage and seawater from Tromsø/Norway with emphasis on ibuprofen and its metabolites. *Chemosphere*, vol. 56, No. 6, pp. 583–592.
- Wiberg, K., and others (2013). *Managing the dioxin problem in the Baltic region with focus on sources to air and fish*. Swedish Environmental Protection Agency Report 6566.
- World Nuclear Association (WNA) (2020). Country profiles. 2020. www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles.aspx.
- Wu, Jian-Lin, and others (2007) Triclosan determination in water related to wastewater treatment. *Talanta*, vol. 72, pp. 1650–1654.
- Wu, Junwen, and others (2019). Plutonium in the western North Pacific: transport along the Kuroshio and implication for the impact of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Chemical Geology*, vol. 511, pp. 256–264.
- Xu, Weihai, and others (2013). Antibiotics in riverine runoff of the Pearl River Delta and Pearl River Estuary, China: concentrations, mass loading and ecological risks. *Environmental Pollution*, vol. 182, pp. 402–407.
- Yeung, Leo W.Y., and others (2017). Vertical profiles, sources, and transport of PFASs in the Arctic Ocean. *Environmental Science & Technology*, vol. 51, No. 12, pp. 6735–6744.
- Ytreberg, E., and others (2019). Effects of scrubber washwater discharge on microplankton in the Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 145, pp. 316–324.
- Zhang, Ruijie, and others (2013a). Antibiotics in the offshore waters of the Bohai Sea and the Yellow Sea in China: occurrence, distribution and ecological risks. *Environmental Pollution*, vol. 174, pp. 71–77.
- Zhang, Ruijie, and others (2013b). Occurrence and risks of antibiotics in the coastal aquatic environment of the Yellow Sea, North China. *Science of the Total Environment*, vol. 450, pp. 197–204.
- Zhang, Xianming, and others (2017). North Atlantic Deep Water formation inhibits high Arctic contamination by continental perfluorooctane sulfonate discharges. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 31, No. 8, pp. 1332–1343.
- Zhang, Ying, and others (2016). Environmental characteristics of polybrominated diphenyl ethers in marine system, with emphasis on marine organisms and sediments. *BioMed Research International*, vol. 2016, art. 1317232.
- Zhu, Yanbei, and others (2004). Gadolinium anomaly in the distributions of rare earth elements observed for coastal seawater and river waters around Nagoya City. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, vol. 77, No. 10, pp. 1835–1842.

Глава 12

Изменения в объеме попадающих в морскую среду твёрдых отходов, за исключением отходов драгирования, и их распределении

Участники: Франсуа Гальгани (координатор: морской мусор) и Алеке Стёфен-О'Брайен (координатор: сброс отходов), Арчис Амбулкар, Маурицио Аццаро, Мария Жуан Бебианно (ведущий участник), Джоан Бондарефф, Ван Цзюйин (соведущий участник), Дик Ветхак, Пенни Влахос, Ка Тхань Ву (соведущий участник), Хью Гриффитс, Дженна Джембек, Фернанда ди Оливейра Лана, Христос Иоакимидис, Пола Кинер, Ирина Макаренко, Челси Рокман, Паула Собрал, Константинос Топузелис, Джудит Уайс, Мартин Хасселлёв и Камар Шуйлер.

Ключевые тезисы

- Основную часть морского мусора в настоящее время составляет мусор из пластмассы.
- Большая часть мусора попадает в морскую среду из расположенных на суше источников в результате применения неэффективных методов утилизации отходов, особенно в некоторых сельских и развивающихся районах.
- Морской мусор присутствует во всех морских местообитаниях и воздействует на окружающую среду и морские организмы, создавая угрозу запутывания, заглатывания и интродукции инвазивных видов.
- В отдаленных и незаселенных районах количество морского мусора увеличивается.
- Для оценки и отслеживания воздействия морского мусора, включая микро- и наночастицы пластмасс, необходимы данные временного ряда.
- Несмотря на наблюдаемую тенденцию к сокращению объема отходов, сбрасываемых в море, отчетность о таких сбросах должна представляться более согласованным образом.

1. Виды деятельности, приводящие к образованию морского мусора, включая пластмассы, брошенные орудия лова и микрочастицы и наночастицы пластмасс, а также оценка источников загрязнения, расположенных на суше, судах и морских установках

1.1. Введение

Термин «морской мусор» означает любой стойкий твердый материал, который был промышленно произведен или обработан, а затем был выброшен в морскую или прибрежную среду, утилизирован или оставлен в ней (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), 2019) и охватывает чрезвычайно широкий спектр материалов; по размерам морской мусор делится на мега- (> 1 м), макро- (> 25 мм), мезо- (> 5 мм), микро- (> 1 мкм) и наномусор (< 1 мкм). Он классифицируется по типу материала (пластмасса, металл, стекло, резина или дерево) или по источнику или назначению (рыболовные снасти, промышленные гранулы, предметы санитарно-гигиенического назначения и одноразовые изделия из пластмассы). Пластмассы, определяемые как термопластичные или терморезистивные полимеры, синтезированные на основе молекул углеводородов или биомассы, являются основным компонентом морского мусора и обладают широким спектром свойств, форм и составов (GESAMP,

2016). В 2018 году во всем мире было произведено приблизительно 348 млн тонн пластмассовых отходов (PlasticsEurope, 2019), при этом, согласно данным за 2010 год, годовой объем таких отходов, попадающих в океан, составляет от 4,8 до 12,7 млн тонн (Jambeck and others, 2015).

Морской мусор наиболее очевиден на берегах, где он накапливается под воздействием течений, волн и ветра и куда он попадает из рек. Однако морской мусор, в основном пластмассовый, также встречается на поверхности в зонах скопления (океанические водовороты), в толще воды, на морском дне и во взаимодействии с морской биотой, которой он может причинить вред (Barnes and others, 2009).

В настоящем разделе подробно излагаются изменения в состоянии морского мусора, включая основные характеристики по конкретным регионам, и описываются последствия этих изменений для человеческих сообществ, экономики и здоровья.

1.2. Ситуация, зафиксированная по итогам первой «Оценки состояния Мирового океана»

Первая «Оценка состояния Мирового океана» (United Nations, 2017a) обеспечила лишь ограниченное понимание источников, перспектив, перемещения, разложения и воздействия морского мусора. Из-за недостатка информации и знаний о морском мусоре, в том числе о скорости его накопления на определенных участках на протяжении времени, экономические последствия и меры по сокращению его объемов предметно не изучались. Также не рассматривались отдаленные или сверхглубокие районы и конкретные источники и способы попадания определенных видов мусора в морскую среду (например, попадание микропластиков через реки, сточные воды и из атмосферы), и не обсуждались последствия этого. Однако в последнее время в результате проведения большего количества съемок и обширных исследований, показавших, например, что к 2019 году от морского мусора пострадали более 1400 видов (Claro and others, 2019), развернулись предметные дискуссии.

В «Оценке» также мало говорилось о микропластиках, которые, по определению Объединенной группы экспертов по научным аспектам защиты морской среды (GESAMP, 2019), представляют собой полимерные частицы размером менее 5 мм (верхний предел) и более 1 микрона, и упоминались только первичные микропластики (изначально являвшиеся таковыми) и то, что более крупные фрагменты пластмасс распадаются на более мелкие (вторичные микропластики).

1.3. Описание экологических изменений с 2010 по 2020 год

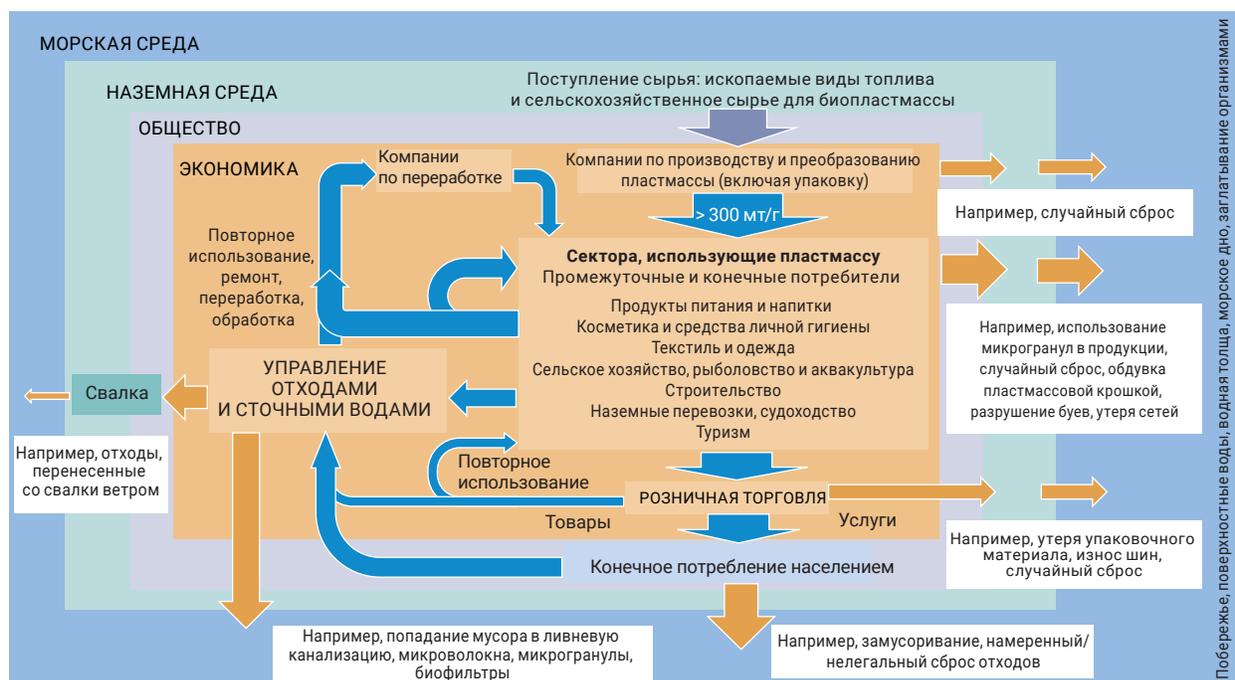
Морской мусор присутствует во всех морских местообитаниях, обнаруживается как в густонаселенных, так и в отдаленных районах (Barnes and others, 2009), встречается на пляжах и мелководье и в самых глубоких океанических впадинах (Pierdomenico and others, 2019). Большая часть мусора попадает в морскую среду из расположенных на суше источников (GESAMP, 2016; 2019), через сточные воды и общесплавную канализацию, в результате рекреационных мероприятий на суше, удаления твердых отходов, не-

надлежащих или незаконных сливов и сбросов и некомпетентного распоряжения полигонами отходов и водоотводами (см. рис. 1). По оценкам, каждый год в океан через реки поступает более миллиона тонн пластмассовых отходов, причем значительная доля общемирового объема отходов приходится на 20 наиболее загрязненных рек, расположенных в основном в Азии (Lebreton and others, 2017; Van Emmerick and others, 2019; Schmidt and others, 2017). Загрязнение морской среды пластмассами происходит также из-за недостатков в инфраструктуре удаления отходов, причем объем микропластиков, поступающих из водоочистных сооружений, может достигать до 10 млн частиц на кубический метр (Science Advice for Policy by European Academies (SAPEA), 2019). Объем отходов, попадающих в морскую среду в результате экстремальных событий и стихийных бедствий, таких как ураганы, наводнения, землетрясения и цунами, наряду с авариями, может достигать миллионов тонн в год и соответствовать объему отходов, регулярно поступающих с суши (Murray and others, 2018).

Крупнейшим источником морского мусора являются одноразовые изделия из пластмассы (Addamo and others, 2017). По оценкам, ежегодно в мире потребляется от 1 до 5 триллионов полиэтиленовых пакетов (United Nations Environment Programme (UNEP), 2018). Также замусоривание моря происходит в результате морских перевозок, промышленной разведки, эксплуатации морских нефтяных платформ, рыболовства и аквакультуры (GESAMP, 2016; 2019), а также утраты и целенаправленного удаления, например, контейнеров, балласта и грузов. На часто используемых рыбопромысловых участках крупный морской мусор полностью состоит из оставленных, утерянных или иным образом брошенных орудий лова (Pham and others, 2014). Количество такого мусора достоверно не известно, хотя имеются некоторые оценочные данные [например, то, что его количество составляет 640 000 тонн в год (Macfadyen and others, 2009)], и то, что около 70 процентов (по весу) дрейфующих макропластмасс в открытом океане связаны с рыбным промыслом (Eriksen and others, 2014). Также оценивается, что в мире ежегодно теряется 5,7 процента всех рыболовных сетей, 8,6 процента всех ловушек и 29 процентов всех лесок (Richardson and others, 2019).

Рисунок I

Пластмассы: производство, использование в различных секторах, конечное потребление населением, возврат в экономику или попадание в окружающую среду



Источник: United Nations Environment Programme (2017).

Первичные микрочастицы пластмасс, такие как микрогранулы или промышленные гранулы, попадают в морскую среду напрямую, в то время как вторичные микрочастицы пластмасс образуются в результате выветривания, истирания и распада одноразовых пластмассовых изделий (например, столовые приборы, подносы, соломинки, окурки, колпачки и крышки, пластиковые бутылки и хозяйственные пакеты), синтетических тканей и одежды, покрытий и красок, а также шин (см. рис. II). Недавние исследования показали, что важную роль может также играть перемещение и осаждение микрочастиц через атмосферу (Rochman, 2018).

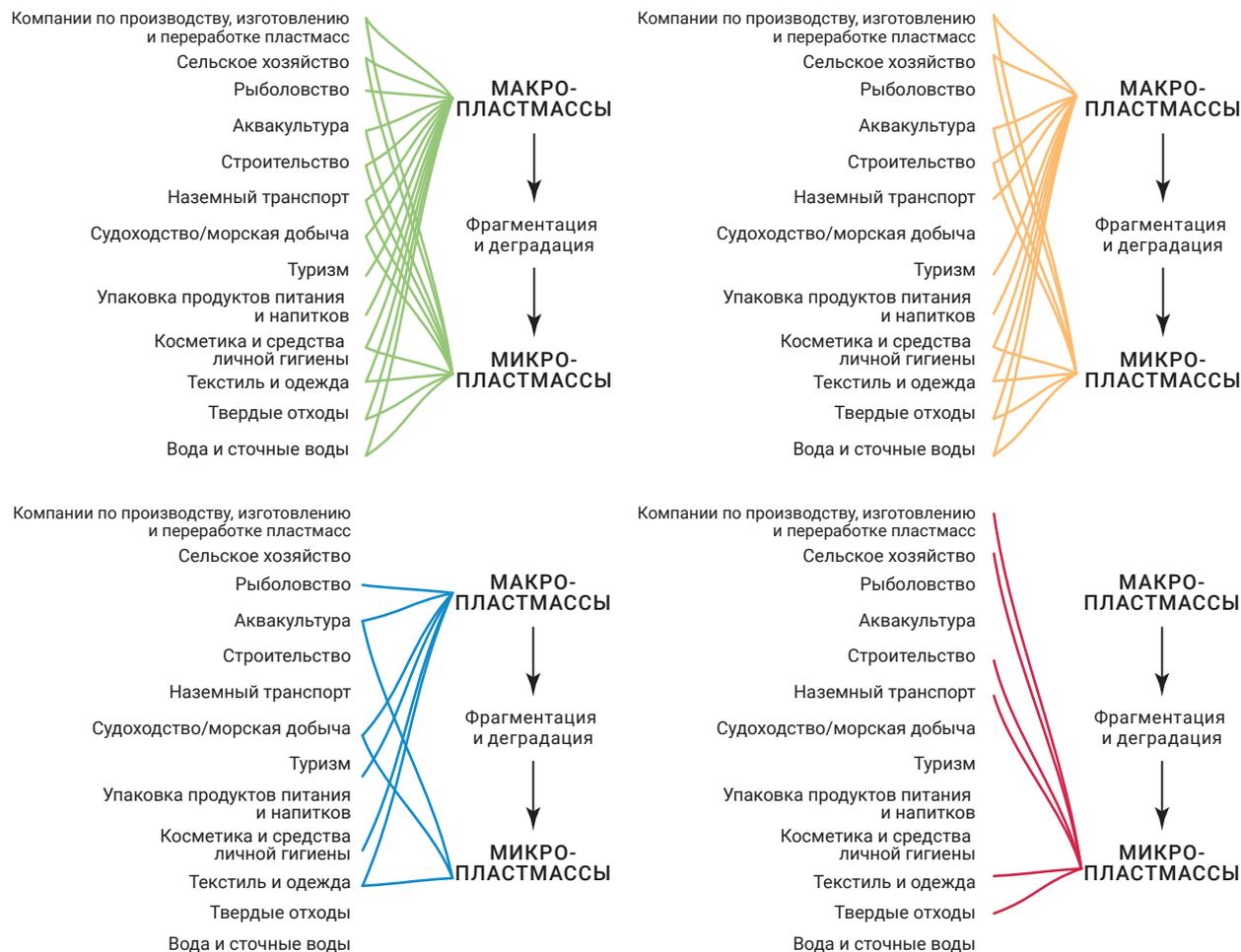
К наиболее распространенным последствиям замусоривания моря для морских организмов относится запутывание организмов в пластмассовом морском мусоре и его заглатывание ими (GESAMP, 2016; 2019). Запутывание представляет угрозу главным образом для более крупных морских животных, таких как высшие хищники. Поскольку пластмассы встречаются самого разного размера, заглатывание затрагивает бо-

лее широкий круг морских организмов, включая морских млекопитающих, черепах, морских птиц, рыб и беспозвоночных. Прочие виды воздействия морского мусора включают изменения в морских сообществах, когда конструкции из мусора начинают выступать в качестве новых местообитаний (Reisser and others, 2014), изменения на нескольких уровнях биологической организации (Rochman and others, 2018) или изменения в результате распространения в морской среде некоренных видов, вредоносных цветущих водорослей и патогенных организмов, разносимых через антропогенные обломки (Carlton and others, 2017; Viršek and others, 2017). Это может привести к ускорению генетического обмена у бактерий и повышению резистентности к антибиотикам (Arias-Andrés and others, 2018).

Пластмассовый морской мусор душит бентические организмы и наносит им вред. Потенциальное воздействие имеет место не только на уровне организмов, но и на уровне популяций и экосистем (Rochman and others, 2016). Межправительственная научно-политическая платфор-

Рисунок II

Попадание пластмасс в морскую среду через реки (зеленый цвет), береговые районы (оранжевый цвет), напрямую (голубой цвет) и через атмосферу (красный цвет)



Источник: на основании данных GESAMP (2016).

ма по биоразнообразию и экосистемным услугам также подтвердила негативное воздействие пластмасс на биоразнообразие, включая потенциальное нарушение равновесия и утрату разнообразия экосистем (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019). После произошедшего в Японии в 2011 году цунами всего за шесть лет в Северную Америку было перенесено 289 видов макрофауны и макрофлоры (Carlton and others, 2017), и эта крайне нетипичная ситуация может иметь долгосрочные последствия (Murray and others, 2018).

Помимо того, что пластмассы и микрочастицы пластмасс являются физическим загрязнителем,

они часто содержат химические добавки, такие как фталаты и бромированные огнестойкие добавки (см. гл. 11), а также переносят другие загрязняющие вещества. Лабораторные исследования показывают, что микрочастицы пластмасс в более высоких концентрациях, чем те, которые встречаются в природе, могут наносить вред организмам и популяциям. При этом наиболее достоверные имеющиеся данные свидетельствуют о том, что микрочастицы пластмасс пока еще не создают масштабной экологической угрозы (в отличие от риска для отдельных организмов), за исключением микрочастиц в некоторых прибрежных водах и отложениях (SAPEA, 2019).

Первостепенное значение имеет здоровье людей, однако знания о таких последствиях, как травмы и несчастные случаи или потенциальное заражение после возможного выброса химических веществ (SAPEA, 2019) или в связи с присутствием микрочастиц пластмасс в морепродуктах весьма ограничены и надлежащих исследований для оценки риска проводится мало. Соответствующие опасения могут вынудить людей изменить свое поведение (например, изменение моделей туризма или сокращение потребления морепродуктов).

После опубликования первой «Оценки» появилось больше данных, и теперь исследования на основе моделирования, оценки масштабов загрязнения через реки, новые технологии, такие как автоматизированные датчики, включая бортовые датчики и спутники, и применение новых экосистемных подходов, включая оценку рисков для морских видов и сообществ (Everaert and others, 2018), способствуют лучшему пониманию того, какой вред могут причинять морской мусор и пластмассы, в частности нано- и микрочастицы пластмасс.

Что касается более эффективного содействия проведению оценок и мониторингу, то применение новых технических подходов с использованием таких инструментов, как беспилотные летательные аппараты, дистанционные системы или автоматизированные датчики (Maximenko and others, 2019), и разработка новых показателей могут способствовать упорядоченному отслеживанию тенденций, касающихся замусоривания моря, а также повышению эффективности глобальных подходов и мер (GESAMP, 2019). Дистанционное зондирование — это единственный метод, который может применяться для мониторинга крупных прибрежных районов или районов открытого моря в разном пространственном разрешении и, следовательно, способствовать выполнению требований, предусмотренных показателем 14.1.1 целей в области устойчивого развития¹. Космические агентства рассматривают как оптические средства, так и методы дистанционного зондирования для опробования и возможного применения в ходе регулярного мониторинга (Torouzelis and others, 2019;

Martínez-Vicente and others, 2019). В плане понимания воздействия пластмасс на дикую природу и окружающую среду многообещающий инструмент представляет собой оценка риска, которая позволяет моделировать взаимодействие различных видов животных с пластмассой. Этот подход получает все более широкое распространение, но необходимо проделать дополнительную работу для разработки критериев количественной оценки последствий взаимодействия, особенно с точки зрения летальности и сублетальности (например, изменения в питании, размножении и росте) в контексте заглатывания пластмасс (Schuyler and others, 2016; Wilcox and others, 2018).

1.4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)

Тематические стратегии или планы по борьбе с замусориванием моря разрабатываются по линии многих программ по региональным морям. В рамках конвенций, протоколов и планов действий по региональным морям Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) была учреждена Рабочая группа по показателям, касающимся региональных морей, которая разработала основной набор из 22 показателей, относящихся к региональным морям и проблеме морского мусора. В настоящее время разрабатывается общая методология работы с этими показателями на основе осуществляемых в каждом регионе программ мониторинга (GESAMP, 2019). В контексте ряда конвенций, документов или органов по региональным морям (например, Координационный орган по морям Восточной Азии, Конвенция о предотвращении загрязнения морской среды путем сброса веществ с судов и летательных аппаратов, Конвенция о предотвращении загрязнения моря из наземных источников и План действий по охране морской среды и устойчивому развитию прибрежных районов Средиземноморья) были произведены или запланированы обновления планов действий с целью включения в них портовых приемных сооружений для более эффективного решения административных и

¹ См. резолюции Генеральной Ассамблеи 70/1 и 71/313, приложение.

правовых вопросов, а также для обеспечения соблюдения требований, контроля и мониторинга систем, инфраструктуры и альтернативных способов сбора и обработки судовых отходов. В таблице 1 представлен обзор имеющихся знаний по различным бассейнам Мирового океана.

1.5. Тенденции

Понимание факторов, связанных с изменениями в количестве и воздействии морского мусора, и масштабов таких изменений по-прежнему затруднено недостаточной стандартизацией методов сбора и анализа данных. Поэтому трудно с точностью сопоставить количество мусора и уровень загрязнения в разных местах и за определенные отрезки времени. Кроме того, в докладах часто говорится только о конкретных компонентах морской среды и освещаются, в частности виды мусора и его воздействие, но не уделяется внимания естественной экологической вариабельности (GESAMP, 2019), что препятствует полному пониманию состояния и возможных изменений плотности морского мусора и его воздействия.

В таблице 2 в обобщенном виде представлена имеющаяся информация о морском мусоре во всем мире, обнаруженном на пляжах и на морском дне, дрейфующем на поверхности или проглоченном животными. Дополнительная информация размещена на онлайн-портале, посвященном морскому мусору². Хотя некоторые исследования методом моделирования предсказывают тенденцию к возрастанию (Kako and

others, 2014; Everaert and others, 2018; Lebreton and others, 2018), меры по сокращению объемов мусора потенциально могли бы уравновесить эти показатели. В ходе основной части работы по итогам регулярных исследований не было выявлено каких-либо тенденций, за исключением нескольких конкретных случаев: тенденция, наблюдающаяся на удаленных островах Антарктики (Barnes and others, 2009), тенденция, касающаяся проблемы заглатывания пластмассы атлантическими тайфунниками (Petry and Venemann, 2017), и тенденция, связанная с рядом специфических особенностей, таких как конвергентные течения над Полярным кругом (Tekman and others, 2017). Увеличение показателей по отдаленным зонам может объясняться перемещением мусора на протяжении долгого времени из пострадавших районов в районы, где человеческая деятельность либо крайне ограничена, либо отсутствует вообще. В некоторых случаях были зафиксированы тенденции к понижению, в частности уменьшение показателей проглатывания мусора, особенно промышленных гранул. Брэндон и др. и Уилкоккс и др. (Brandon and others, 2019; Wilcox and others, 2019) указывают на свидетельства увеличения осадочных микрочастиц пластмасс в Калифорнии и дрейфующих микрочастиц пластмасс в Северной Атлантике в соотношении с объемом производства пластмасс во всем мире. Задача теперь состоит в том, чтобы лучше понять, как пластмасса циркулирует в морских экосистемах, куда она попадает и как разлагается.

² См. <https://litterbase.awi.de/litter>.

Таблица 1

Обзор имеющихся знаний о морском мусоре в различных бассейнах Мирового океана

Место	Источники/распределение	Важность	Циркуляция	Воздействие
Северный Ледовитый океан	Пластмассы и микропластики присутствуют в морском льду, на поверхности и в глубоководных районах, в глубоководных отложениях и биоте (Kanhai and others, 2018; Peeken and others, 2018).	Количество морского мусора невелико; концентрация микропластиков на несколько порядков выше в морском льду (Cózar and others, 2017; Barrows and others, 2018); наблюдается большое количество брошенных орудий лова и последствия его присутствия на рыбопромысловых участках.	В результате термохалинной циркуляции мусор через поверхностные течения переносится на север.	Микропластики пластмасс в низкой концентрации присутствуют в сайке (<i>Boreogadus saida</i>), полярном триглосце (<i>Triglops nybelini</i>) (Kühn and others, 2018; Morgana and others, 2018) и в 11 видах бентических беспозвоночных (Fang and others, 2018). Наблюдается аккумуляция пластмасс в гренландской полярной акуле (<i>Somniosus microcephalus</i>) (Leclerc and others, 2012; Nielsen and others, 2014).
Северная Атлантика, Балтийское и Северное моря	Мусор и микропластики присутствуют во всех компонентах морской среды; данные мониторинга по Северо-Восточной Атлантике собираются с 1988 года (Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, 2017), а по побережью Соединенных Штатов Америки — с 2005 года.	Концентрация мусора в морских районах, охватываемых Конвенцией по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики ⁹ , составляет несколько сотен единиц на 100 м (максимум 6090); большое количество мусора обнаруживается на морском дне (Maes and others, 2018); основным видом мусора в Балтийском море являются брошенные и утерянные орудия лова.	Поверхностный мусор из населенных районов Северо-Восточной Атлантики переносится в Арктику. Мусор из Юго-Восточной Атлантики переносится экваториальным течением в Западную Атлантику и из Северо-Западной Атлантики попадает в североатлантический водоворот (Van Sebille and others, 2015).	Мусор и микропластики пластмасс заглатываются многими видами животных; фрагменты пластмасс обнаруживаются в желудках 94 процентов птиц в Северном море. В Северной Атлантике широко распространена проблема запутывания (например, тюлени, морские черепахи, птицы и беспозвоночные).
Средиземное и Черное моря	Объем твердых бытовых отходов составляет от 208 до 760 кг на душу населения в год; 250 млрд частиц находятся на поверхности (Collignon and others, 2012); наблюдается самая высокая в мире концентрация дрейфующих микропластиков [64 млн ед./кв. км (Van der Hall and others, 2017) и мусора на морском дне (1,3 млн ед./км ² (Pierdomenico and others, 2019)]; на пляжах и дне Черного моря обнаруживается большое количество брошенных или утерянных орудий лова.	Средиземное море входит в число наиболее пострадавших районов в мире (Ioakeimidis and others, 2017); пять видов одноразовых изделий из пластмассы (столовые приборы/подносы/соломинки, сигаретные окурки, колпачки/крышки, пластиковые бутылки и пакеты для покупок) составляют более 60 процентов всего морского мусора.	Средиземное и Черное моря являются закрытыми бассейнами, в которые впадают крупные реки (Нил, По, Дунай) (Lechner and others, 2014; Lebreton and others, 2017); это туристические зоны с высокой интенсивностью морского движения.	В Средиземном море зафиксированы все виды воздействия, включая заглатывание многими видами животных, запутывание, сброс химических веществ и интродукцию различных видов.

Место	Источники/распределение	Важность	Циркуляция	Воздействие
Южная часть Атлантического океана	В Южной Атлантике из-за высокой плотности населения и присутствия крупных рек наблюдаются все виды мусора; пластмассы в пелагической зоне сосредоточены в тропическом поясе Атлантического океана (Eriksen and others, 2014); на всех островах (Ivar do Sul and others, 2014) присутствуют фрагменты твердой пластмассы, пластиковая пленка, фрагменты облупившейся краски, волокна и нити; мусор на глубоководных районах морского дна имеет наибольшую концентрацию на юго-востоке (Woodall and others, 2015) и характеризуется преобладанием одноразовых изделий из пластмассы и микрочастицами пластмасс.	Локальная концентрация мусора очень высокая, но бассейн не является наиболее пострадавшей зоной. На островах в Карибском море плотность макропластмасс выше, чем на других островах Атлантического бассейна; источником в большей степени является человеческая деятельность, чем рыболовство (Ivar do Sul and others, 2014).	Помимо общей схемы циркуляции, связанной с геострофическими течениями и присутствием южноатлантического водоворота, важным фактором является перенос мусора на отдаленные острова (Monteiro and others, 2018).	Несмотря на недостаток данных по восточным районам, в Южной Атлантике зафиксированы все виды воздействия, включая заглатывание многими видами, запутывание, сброс химических веществ и интродукцию различных видов.
Индийский океан	Основная часть морского мусора поступает из Юго-Восточной Азии и Индии (Jambeck and others, 2015; Lebreton and others, 2017). Имеющиеся данные по Южной Африке и Индии получены совсем недавно.	По количеству частиц и весу пластмассы в Индийском океане (большая часть которой находится в Бенгальском заливе и в центральной части бассейна) больше, чем в южной части Атлантического океана и южной части Тихого океана вместе взятых (Eriksen and others, 2014); наблюдается высокая концентрация мусора (с преобладанием орудий лова) на глубоководных участках вдали от побережья (Woodall and others, 2015) с неравномерным распределением в юго-восточной части (Woodall and others, 2014); пластмассы и микрочастицы пластмасс обнаруживаются также в прилегающих морях Индийского океана, включая Красное море (Arossa and others, 2019); В морской воде и донных отложениях в Персидском заливе присутствуют полиэтилен низкой плотности и полипропилен (Abayomi and others, 2017).	Из-за характера течений морской мусор, сбрасываемый в любом месте, перемещается в водоворот в южной части Индийского океана (Van Sebille and others, 2015), а также в западную часть через остаточную циркуляцию (Veerasingam and others 2016), достигая таким образом отдаленных и незаселенных островов; в западной части Индийского океана и в Аравийском море активно эксплуатируются коммерческие и рыболовецкие суда и широко распространены утеря орудий лова и сброс мусора (Woodall and others, 2015).	Данные ограничены; зафиксированные формы воздействия включают в себя заглатывание многими видами (например, рыбы, беспозвоночные и морские черепахи), запутывание (морские черепахи и птицы), сброс химических веществ и интродукцию различных видов.
Северная часть Тихого океана	Северо-западная часть Тихого океана, наряду со Средиземным морем, относится к наиболее затронутому району (Chiba and others, 2018); на берегах Тихого океана и восточноазиатских окраинных морей расположены страны, переживающие стремительный экономический рост; большой объем мусора поступает из таких стран, как Вьетнам, Индонезия, Китай и Филиппины (United Nations Environment Programme and GRID-Arendal, 2016).	Северная часть Тихого океана в непропорционально большей степени затронута проблемой загрязнения пластмассой (Eriksen and others, 2014), которая поступает из наземных источников и зачастую из морских источников на густонаселенных островах (Filho and others, 2019); брошенные и утерянные орудия лова составляют 46 процентов массы мусора размером более 5 см, т. е. одну треть от общей массы дрейфующего мусора (Lebreton and others, 2018). Плотность морского мусора достигает миллионов единиц на кв. км (Eriksen and others, 2014; Van Sebille and others, 2015), и основным материалом является пластмасса (90 процентов мелких предметов).	Помимо общей схемы циркуляции, связанной с геострофическими течениями и присутствием североатлантических водоворотов, факторами образования мусора являются стихийные бедствия, такие как цунами или землетрясения.	Зафиксированы все виды воздействия (запутывание и заглатывание мусора морскими организмами, включая птиц, морских черепах и млекопитающих), в том числе у глубоководных беспозвоночных Марианской впадины (Jamieson and others, 2019). В некоторых районах из-за рыболовства (Аляска) или присутствия дрейфующего мусора (Гавайи) проблема запутывания серьезно сказывается на морских экосистемах, таких как коралловые рифы и «животные леса», или на случайных популяциях, например ластоногих (Claro and others, 2019).

Место	Источники/распределение	Важность	Циркуляция	Воздействие
Южная часть Тихого океана	По сравнению с другими океаническими бассейнами, в отношении этого района имеется относительно мало новой информации о концентрации пластмасс; данные поступают главным образом из Австралии и Чили.	Самая высокая концентрация мусора наблюдается на пляжах ($239,4 \pm 347,3$ ед./км ² , максимум 671,6 ед./кв. м) на острове Хендерсон (Lavers and Bond, 2017); на острове Сала-и-Гомес, недалеко от центра южно-тихоокеанского субтропического водоворота, уровень замусоренности значительно ниже (<1 ед./км ²) (Miranda-Urbina and others, 2015); самая высокая концентрация плавучих пластмасс наблюдается в водовороте – более 390 000 ед./км ² (максимум 50 000 ед./км ²) (Miranda-Urbina and others, 2015; Eriksen and others, 2018).	Различные океанографические модели и эмпирические данные позволяют предположить, что количество и концентрация морского мусора в южно-тихоокеанском субтропическом водовороте ниже, чем в субтропических водоворотах в Северном полушарии (Van Sebille and others, 2015). На местном уровне важную роль в распределении морского мусора могут играть также реки (Gaibor and others, 2020).	97 различных видов животных, включая черепах, рыб, морских птиц, млекопитающих и коралловых полипов, либо проглатывают пластмассовый мусор, либо запутываются в нем (Thiel and others, 2018; Markic and others, 2018); проблема заглатывания распространена вблизи субтропических водоворотов (Thiel and others, 2018); есть свидетельства заглатывания микрочастиц пластмасс разноногими в сверхглубоких районах (Jamieson and others, 2019).
Южный океан	В связи с ограниченной деятельностью человека в Южном океане наблюдается самая низкая концентрация пластмассового мусора в мире; загрязнение морским мусором имеется только в местном масштабе; потенциальный объем – приблизительно 44-500 кг микрочастиц за десятилетие (Waller and others, 2017); микрочастицы образуются в результате деградации макропластмасс или переносятся через границу Полярного района (Полярный фронт).	Микрочастицы пластмасс встречаются в приливно-отливных отложениях субантарктических островов (Barnes and others, 2009), в глубоководных отложениях в море Уэдделла (Van Cauwenberghe and others, 2013), в поверхностных водах Тихоокеанского сектора (Waller and others 2017; Isobe and others, 2015 & 2017) и в мелководных отложениях и макроводорослях на участках на острове Кинг-Джордж вблизи научно-исследовательских станций (Waller and others 2017); концентрация 0,100-0,514 г/км ² на Южно-полярном фронте и в диапазоне от 46 000 до 99 000 ед./км ² к югу от 60° ю.ш., более высокая концентрация в прибрежных районах моря Росса (Cincinelli and others, 2017; Cózar and others, 2014; Isobe and others, 2017); пластмассы, главным образом волокна, присутствуют в отложениях в заливе Терра-Нова [всего 1661 ед. (3,14 г) (Munari and others, 2017)]; в поверхностных траловых зонах на Антарктическом полуострове концентрация мусора составляет, по оценкам, 1794 ед. км ² (средний вес – 27,8 г/км ²) и не наблюдается на широтах ниже 58° ю. ш.; фрагментов краски в 30 раз больше, чем пластмасс (Lacerda and others, 2019).	Обычное явление представляет перемещение мусора из северных вод в Антарктиду.	Макрочастицы пластмасс и рыбопромысловый мусор встречаются на пляжах и в колониях морских птиц вблизи исследовательской станции на острове Берд с лета 1992/93 года (Barnes and others, 2009); проблема заглатывания пластмассовых частиц касается 12 видов морских птиц, в основном странствующих и сероголовых альбатросов, а в последнее время – пингинов (Bessa and others, 2019); морской мусор воздействует на морских млекопитающих: в основном речь идет о запутывании кержеленских морских котиков в пластиковых упаковочных лентах, синтетических лесках и рыболовных сетях; после принятия в конце 1980-х годов законодательства, запрещающего выброс пластмасс за борт, а также совершенствования процесса утилизации упаковочных лент число инцидентов значительно сократилось (Barnes and others, 2009).

^a United Nations, *Treaty Series*, vol. 2354, No. 42279.

Таблица 2
Тенденции, касающиеся морского мусора в различных районах и компонентах морской среды (подборка данных из докладов и научной литературы)

Место	Распределение/ организмы	Период (продолжительность)	Методы	Тенденции	Комментарий	Ссылка
Восточная Гренландия	Проглоченные микрочастицы пластмасс (люрик (Alle alle))	2005 и 2014 годы	Пробы взяты у живых птиц в гнездах	Явной временной тенденции нет		Amélineau and others, 2016
Восточная Гренландия	Микрочастицы пластмасс в подповерхностном слое	2005 и 2014 годы	Планктонная сетка WP-2, вертикальный подъем, 50 м от поверхности	Значительное увеличение		Amélineau and others, 2016
Северная Атлантика/ Полярный круг, пролив Фрама	Глубоководные участки морского дна, две станции на глубине 2500 м, 79–79°35' с. ш.	2002–2014 годы	Буксируемая камера	Явное увеличение плотности мусора и количества мелких пластмасс	Возможно распространение из Европы в Североатлантический и Арктический бассейны	Tekman and others, 2017
Северо-Восточная Атлантика	78 пляжей	2001–2011 годы	Конвенция о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики/протокол Рамочной директивы о морской стратегии	Крупных тенденций нет	Гидродинамические/ связанные с климатом факторы локальных краткосрочных изменений	Schulz and others, 2013
Северо-Восточная Атлантика (желоб Рокколл)	Микрочастицы пластмасс, проглоченные глубоководными бентическими беспозвоночными (> 2,000 м)	1976–2015 годы	Эпибентические салазки; трал Агассица	Тенденций, касающихся общего количества или типов полимеров, нет	Два вида	Courtene-Jones and others, 2019
Северная Атлантика	На поверхности/ в подповерхностном слое	1957–2016 годы	Мусор, застрявший в непрерывных регистраторах планктона, (16 725 буксировочных рейсов)	Увеличение с 1957 года, тенденций с 2000 года нет, изменений в арктических водах нет	6,5 млн морских миль	Ostle and others, 2019
Северное море, воды Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии	Морское дно, 17-150 станций/год	1992–2017 годы	Система классификации Рамочной директивы о морской стратегии	Тенденция не выявлена	Критерий: наличие пластмассы	Maes and others, 2018

Место	Распределение/ организмы	Период (продолжительность)	Методы	Тенденции	Комментарий	Ссылка
Северное море/ Нидерланды	Птицы (глупыши, 973 образца, особи, оказавшиеся в критическом положении)	1979–2012 годы	Стандартный протокол Конвенции о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (масса и количество)	Увеличение до середины 1990-х; стабильные показатели за последнее десятилетие; значительное сокращение объема гранул		Van Franeker and Lavender Law, 2015
Воды Ирландии	Китообразные (выброшенные на берег или случайно выловленные)	1990–2015 годы	Содержимое желудка	Тенденции заглатывания мусора и запутывания отсутствуют		Lusher, 2015
Балтийское море	2377 рейсов; 53 экспедиции	2012–2017 годы	Рамочная директива о морской стратегии; Балтийская международная траловая съемка	Увеличение объема пластмасс за последние 2 года; тенденция к замусориванию от рыбопромысловой деятельности не прослеживается	Пластмассы составляют 35 процентов мусора	Zablotski and Kraak, 2019
Балтийское море	245 станций; дрейфующие/проглоченные микропластики пластмасс – атлантическая сельдь и килька (814 образцов)	1987–2015 годы	Образцы планктона и рыбы, выловленной тралом, содержимое желудка	Изменений в количестве дрейфующих или проглоченных микропластиков нет		Beer and others, 2018
Североатлантический субтропический водоворот	Дрейфующие микропластики	1986–2008 годы	6136 поверхностных нейстонных сетей с ячейками в 335 мкм	Тенденция не обнаруживается	Образовательная ассоциация в области морских наук, образцы планктона в архиве	Lavender Law and others, 2010
Североатлантический субтропический водоворот	Дрейфующие пластмассы (2624 буксирных рейса)	1987–2012 годы	Поверхностные нейстонные сети с ячейками в 335 мкм	Существенных изменений в объеме пластмассы широкого потребления нет, весьма существенное сокращение объема промышленных пластмасс	Продолжение исследований Лавендер Лоу и др. (Lavender Law and others, 2010)	Van Franeker and Lavender Law, 2015
Северо-восточная часть Адриатического моря	Морское дно (67 станций)	2011–2016 годы	Оттер-трал	Сокращение общего количества мусора; тенденции по пластмассе нет	50% пластмассы в результате рыболовства/аквакультуры	Strafella and others, 2019
Франция, Средиземное море	Морское дно/шельф и каньоны	1994–2017 годы	Траление, 1902 рейса, система классификации Рамочной директивы о морской стратегии	Регулярного увеличения нет, но более высокие показатели в 1999-2001 гг. и с 2012 г.	Содержание пластмассы до 62%	Gerigny and others, 2019

Место	Распределение/ организмы	Период (продолжительность)	Методы	Тенденции	Комментарий	Ссылка
Испания/ Средиземное море	Морские шельфы, (1323 рейса)	2007–2017 годы	Траление, система классификации Рамоч- ной директивы о мор- ской стратегии	Временной тенденции нет, уменьшение в море Альборан	Проект по Средиземноморской международной траловой съемке	García-Rivera and others, 2018
Западное Средиземноморье	Заглоченный мусор (морские черепахи)	1995–2016 годы	Система классифика- ции Рамочной директи- вы о морской стра- тегии	Небольшое уменьшение	195 образцов	Domènech and others, 2019
Балеарские острова	Дрейфующий мусор	2005–2015 годы	Чистка судов на берегу/на воде	Тенденции нет (все виды мусора); увеличение в летние месяцы	Чистка/уборка	Compa and others, 2019
Южная Бразилия	Птицы (белогорлый буревестник, 122 образца, особи, оказавшиеся в критическом положении)	1990–2014 годы	Содержимое желудка	Увеличение количества фрагментов и частей; сни- жение содержания гранул первого использования		Petry and Benemann, 2017
Субтропический водоворот в северной части Тихого океана	Дрейфующие микрочастицы пластмасс	2001–2012 годы	2500 поверхностных нейстонных сетей с ячейками в 335 мкм	Явной временной тенденции нет	Неоднозначная пространственно- временная изменчивость	Lavender Law and others, 2014
Китайская провинция Тайвань	Пляжный мусор, 541 меро- приятие по уборке	2004–2016 годы	Уборка	Временной тенденции нет	Данные по итогам мероприятий по уборке на побережье океана	Walther and others, 2018
Китай	Национальный монито- ринг – пляжи, поверхность и морское дно	2011–2018 годы	Протокол Государственного океанографического управления	Тенденция не обнаруживается		Ministry of Ecology and Environment, China, 2019
Китай	23 участка (пляжи и береговая зона; дрейфующий мусор и мусор на морском дне)	2007–2014 годы	План действий для северо-западной части Тихого океана/прото- колы Государственно- го океанографического управления	Явная тенденция не прослеживается	Доля пластмассы в мусоре на морском дне увеличивается	Zhou and others, 2016
Чили	Пляжи (все побережья); 3 обследования, 69 пляжей	2006–2016 годы	Коллективная научная работа, основные направления	Тенденция не обнаруживается	Отбор проб в течение трех лет	Hidalgo-Ruz and others, 2018
Эквадор	Пляжи (26 участков)	2018–2020 годы	Коллективная научная работа (400 добровольцев)	Тенденция не обнаруживается	Выборка за год	Gaibor and others, 2020

1.6. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономики и здоровья

Загрязнение морской среды является наиболее значительным последствием использования пластмассы в изделиях и упаковке (UNEP, 2014), однако важно подчеркнуть, что количественную оценку экономического воздействия морского мусора дать трудно. По данным 2011 года, экономические затраты, связанные с присутствием пластмассы в морской среде, в соотношении с морским природным капиталом, по консервативным оценкам, составляют от 3300 до 33 000 долл. США за тонну в год (Beaumont and others, 2019). Хотя в европейских прибрежных районах в океан попадает ограниченное количество пластмассы (Jambeck and others, 2015), стоимость уборки морского мусора в прибрежных районах, по оценкам, может достигать 630 млн евро в год (Crippa and others, 2019). В ходе недавних исследований (MacIlgorm and others, 2020) за период с 2009 по 2015 год было зафиксировано девятикратное увеличение связанных с морским мусором прямых экономических затрат, объем которых достигает 10,8 млрд долл. США.

Помимо косвенного воздействия (т. е. воздействия на биоразнообразие и экосистемы), замусоривание имеет и прямые последствия: наиболее заметен, пожалуй, пляжный мусор, оказывающий в долгосрочной перспективе воздействие на ценность прибрежных районов, которое можно выразить в виде финансовых расходов на уборку (UNEP, 2019). Несмотря на пока ограниченное понимание пагубного воздействия загрязнения на структуру и функционирование морских экосистем, в будущем ущерб для морских экосистем и услуг и связанные с этим издержки будет необходимо учитывать.

Морской мусор может оборачиваться увеличением расходов в судоходстве и рекреационной деятельности, включая яхтенный спорт (например, засорение моторов, запутывание винтов, ухудшение эксплуатационных характеристик и затраты на ремонт) (Hong and others, 2017), однако ущерб и сопутствующие социальные издержки распространяются и на другие сектора, такие как аквакультура и рыболовство. Удаление всего 10 процентов брошенных промысловых ловушек обеспечило бы для мировой отрасли добы-

чи ракообразных, по оценкам, дополнительные поступления в размере 831 млн долл. США в год (Scheld and others, 2016).

Большинство микрочастиц пластмасс в морских организмах обнаруживается в пищеварительной системе, которую люди обычно не употребляют в пищу, за исключением моллюсков и маленьких рыб, которые съедаются целиком. Помимо случайных повреждений и травм, свидетельств негативного воздействия микрочастиц пластмасс в большой концентрации на здоровье рыб и моллюсков или на промысловые запасы нет (Barboza and others, 2018). Связь со здоровьем человека изучена в недостаточной степени, и пробелы в знаниях еще более широки, когда речь идет о нанопластмассах (< 1 микрона), особенно о том, каким образом они впитываются и распределяются (GESAMP, 2016; см. также гл. 8), а также о том, как они могут преодолевать биологические барьеры с помощью различных механизмов (Wright and Kelly, 2017). В отсутствие актуальных данных о токсичности Европейское агентство по безопасности продуктов питания пришло к выводу, что в настоящее время оценить связанный с нано- и микропластмассами риск для здоровья человека невозможно (European Food Safety Authority Panel on Contaminants in the Food Chain, 2016). Кроме того, есть некоторые свидетельства того, что микропластмассовые волокна, попадающие в организм человека при потреблении загрязненных морепродуктов, составляют лишь малую часть микропластмассовых загрязнителей в общей продовольственной корзине (Catarino and others, 2018).

Социально-экономическое воздействие морского мусора и потенциальные издержки для ключевых секторов и видов деятельности, осуществляемых в морской и прибрежной среде или зависящих от нее, недостаточно изучены, что приводит к неправильной оценке ценности экосистем и экстернализации связанных с загрязнением издержек. Способы оценки стоимости морского мусора также малоизучены. Необходимо сосредоточить усилия на оценке экологических и социально-экономических издержек ущерба, причиняемого морским мусором, и соотношении расходов и выгод, связанных с принятием мер по предотвращению и уменьшению замусоривания моря (см. таблицу 3).

1.7. Значимость для целей в области устойчивого развития и других рамочных программ

Глобальные обязательства по борьбе с морским мусором озвучивались в контексте работы Генеральной Ассамблеи и Ассамблеи Организации Объединенных Наций по окружающей среде, Конвенции о биологическом разнообразии³ и недавних деклараций Группы семи (план действий по борьбе с морским мусором) и Группы двадцати (план действий по проблеме морского мусора) (United Nations Environment Assembly (UNEA), 2019). В 2016 году Ассамблея Организации Объединенных Наций по окружающей среде приняла резолюцию 2/11 о борьбе с загрязнением морской среды ломом и микрочастицами пластмасс⁴ а в 2019 году опубликовала «Руководство по мониторингу и оценке замусоривания океана пластмассами»⁵.

Проблема морского мусора напрямую связана с целью 14 в области устойчивого развития, касающейся сохранения и рационального использования океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития. Задача 14.1 в рамках этой цели в настоящее время классифицирована как показатель уровня III, по которому нет действующих на международном уровне методологии или стандартов (UNEA, 2019). Для эффективного измерения прогресса по показателю 14.1.1⁶ предлагаются более согласованные методы, ориентированные на разработку и внедрение региональных или глобальных программ мониторинга и упрощение процедуры обмена результатами. Эти методы позволят перевести показатель 14.1.1 с уровня III на уровень II (для показателей этого уровня существуют концептуально ясные и устоявшиеся методология и стандарты, но не предусмотрено получение данных на регулярной основе).

Микро- и нанопластмассы относятся также к цели 12, касающейся рациональных моделей потребления и производства. Кроме того, следует упомянуть цель 11, поскольку пластмассовый морской мусор образуется и в результате неэффективной утилизации отходов городских поселений, и цель 6, с которой напрямую связаны попадающие в океан твердые отходы: пластмассовый мусор и микрочастицы пластмасс попадают в морскую среду через неэффективную сточную и ливневую канализацию.

В 2019 году Группа семи провела обзор текущей деятельности в рамках конвенций по региональным морям и определила приоритетные направления дальнейших действий на основе эффективной координации через органы Организации Объединенных Наций в целях решения вопросов мониторинга и анализа социально-экономических последствий и воздействия на здоровье человека и биоту, а также участия предприятий отрасли в разработке и осуществлении ответных мер в связи с утилизацией отходов и предотвращением загрязнения. Кроме того, участники Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением⁷ приняли поправки к приложениям к ней, с тем чтобы включить в сферу охвата Конвенции некоторые пластмассовые отходы, в частности для решения проблемы воздействия пластмассы на морскую среду⁸.

Межрегиональные стратегии, такие как Стратегия Европейского союза по пластмассам 2018 года и относящиеся к ней различные обязательные директивы [Рамочная директива о морской стратегии (2008/56/EC), директива о портовых приемных сооружениях (2019/883/EU) и директива об одноразовых изделиях из пластмассы (2019/904/EU)]⁹ наряду с многочисленными национальными планами, представляют собой хороший пример подхода к решению проб-

³ United Nations, *Treaty Series*, vol. 1760, No. 30619.

⁴ См. документ UNEP/EA.2/Res.11 Ассамблеи Организации Объединенных Наций по окружающей среде Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде.

⁵ Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, Report and Studies No. 99.

⁶ См. резолюцию 71/313 Генеральной Ассамблеи, приложение.

⁷ United Nations, *Treaty Series*, vol. 1673, No. 28911.

⁸ См. документ UNEP-CHW.14-28 Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде. См. также www.basel.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/Meetings/COP14/tabid/7520/Default.aspx.

⁹ См. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32008L0056>, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/883/oj>, и <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904>.

лемы замусоривания моря с учетом принципов циркулярной экономики, и многие предусмотренные ими меры уже осуществляются (например, применение новых материалов, очистка сточных вод, введение запретов и расширенная ответственность производителя).

Реализуется множество инициатив, ориентированных на включение в проекты научных, политических, социальных и экономических мер, принимаемых как в индивидуальном порядке, так и на основе глобальных системных подходов. В качестве примера можно привести бесплатный массовый открытый онлайн-курс по проблеме морского мусора¹⁰, цель которого заключается в формировании глобальной сети субъектов, активно участвующих в решении проблем, связанных с морским мусором. Новые инструменты, такие как мобильные приложения, позволяют гражданам вносить в научные базы данных сведения о местонахождении и типе обломков, обнаруженных на побережьях и в водоемах. Другие эффективные средства, такие как общедоступная Европейская сеть морских наблюдений и данных (EMODnet)¹¹, включают цифровые карты замусоренных районов и являются полезным инструментом для разработчиков морской политики и для общества в целом.

Более 60 стран ввели запреты и сборы в целях сокращения отходов в виде одноразовых изделий из пластмассы (UNEP, 2018), но зачастую не имеют необходимых данных, контрольных показателей или средств мониторинга для оценки эффективности и последствий таких действий. В число принимаемых мер входят запрет на определенные товары (например, полиэтиленовые пакеты), введение сборов, организация работы пунктов приема отходов и заключение добровольных соглашений на отраслевом уровне.

Уже был реализован целый ряд запланированных мер (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016), включая маркировку орудий лова; меры на уровне государств порта; сбор отходов на берегу; вознаграждение за найденные орудия лова; более эффективное обнаружение утерянных орудий лова и сообщение

информации о них; утилизацию и переработку; альтернативы одноразовым изделиям из пластмассы, особенно пенопластовым контейнерам для рыбы; и кампании для повышения информированности.

Согласно Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененной Протоколом 1978 года к ней¹², усилия по борьбе с морским мусором включают разработку базы данных о портовых приемных сооружениях в качестве модуля Глобальной интегрированной системы информации о судоходстве Международной морской организации (ИМО).

1.8. Перспективы

Борьба с загрязнением морской среды представляет собой исключительно сложную задачу и требует применения комплексного подхода, охватывающего такие категории, как наука, законодательство, экономика, грамотность в вопросах океана, просвещение, участие общества и международное сотрудничество в области наращивания потенциала, передачи технологий, а также оказания технической и финансовой поддержки на многих уровнях — от глобального и регионального до местного — в силу многообразия имеющих отношение к этому вопросу сторон, источников загрязнения, материалов, социально-экономических аспектов и нормативных положений. Без совершенствования международной нормативно-правовой базы и мобилизации ресурсов проблема загрязнения пластмассой будет только усугубляться (Jambeck and others, 2015). По оценкам, если нынешние модели потребления и методы утилизации отходов не улучшатся, то к 2050 году на свалках и в природной среде будет находиться около 12 млрд тонн пластмассового мусора (Geyer and others, 2017). Последствия будут не только экономическими, и воздействие на окружающую среду будет огромным.

Для борьбы с достигшим критического уровня замусориванием морской среды имеются различные варианты, но, хотя некоторые из них предусматривают подходы, направленные на решение

¹⁰ См. <https://sustainablehighereducation.com/2019/03/22/mooc2019>.

¹¹ См. www.emodnet-bathymetry.eu/approach.

¹² United Nations, *Treaty Series*, vol. 1340, No. 22484.

этой проблемы, необходимо понимать, что не все решения применимы ко всем странам или поддерживаются ими и что некоторые из них были разработаны без учета негативных последствий. К возможным решениям относятся: сокращение потребления пластмасс; поддержка инициатив по экологизации и новаторской деятельности (особенно исследований, касающихся отслужившего пластика и альтернатив его использованию); ресурсоэффективность и более рациональное управление отходами и водными ресурсами; постановка долгосрочных, эффективных и выполнимых задач в области переработки муниципальных отходов и упаковочных/пластмассовых отходов; более широкое использование политических инструментов и мер контроля, включая средства стимулирования, налогообложение и другие меры регулирования, например запреты или расширенная ответственность производителей; и принятие инициатив в области переработки и координация стратегических инвестиций в сектор отходов (Ten Brink and others, 2018). Необходимо также обеспечивать строгое регулирование и контроль глобальной торговли отходами, особенно пластмассовым ломом.

Загрязнение пластмассой является важной темой просветительской деятельности по вопросам охраны окружающей среды. Задача состоит в том, чтобы изменить восприятие и понимание людьми этой проблемы, с тем чтобы они могли рассматривать загрязнение пластмассой в качестве стимула для просвещения и повышения осведомленности и грамотности, а также в том, чтобы определить потенциальные стратегии для преодоления политических, экономических и культурных барьеров. В контексте изучения морского мусора целевые показатели могут быть увязаны со стратегическими задачами и способствовать повышению уровня заинтересованности населения (GESAMP, 2019).

1.9. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала

Что касается микрочастиц пластмасс, то основные пробелы в знаниях связаны с оценкой количества микрочастиц пластмасс в морской среде стандартизированными методами и с информацией о процессах разложения пластмассы в

различных компонентах морской среды и о присутствии и воздействии наночастиц пластмасс. Роль пластмассового мусора в том, что касается транспортировки патогенных микроорганизмов, повышения устойчивости к антибиотикам, попадания в морскую среду химических веществ и биотоксинов, а также распространения болезни среди морских организмов и популяций, требует дальнейшего изучения. Наконец, отсутствие у многих стран достаточных возможностей для отслеживания на национальном и региональном уровне количества и воздействия морского мусора, в том числе пластмассового, является серьезным препятствием для решения соответствующей проблемы и для оценки эффективности уже принятых мер.

Чтобы ответить на некоторые вопросы ученых по поводу факторов, определяющих распределение мусора на суше и количество мусора, попадающего с суши в море, недавно был разработан ряд программ (например, программы Научно-промышленной исследовательской организации Австралийского Союза и Балтиморского университета и Рамочная директива о морской стратегии). Ожидается, что в результате осуществления этих программ будет проведена основанная на данных оценка темпов попадания мусора в море, что поможет странам понять, в каком направлении предпринимать эффективные меры для предотвращения замусоривания моря. С учетом того, что для измерения темпов попадания пластмассы в водотоки и океаны либо в виде отходов в результате некомпетентного распоряжения ими, либо в виде микрочастиц пластмасс были разработаны разные методологии, применяемые подходы нуждаются в согласовании.

Самая важная проблема заключается в отсутствии надлежащей инфраструктуры и стратегий в области переработки или удаления сточных вод и твердых отходов (UNEP, 2017). Кроме того, хотя в сборе и утилизации твердых отходов могут активно участвовать незаконные субъекты, нормативная база слаба и существуют огромные различия между странами с неформальными секторами, нелегальным производством и «черными рынками», ограничивающими возможности для принятия мер по сокращению объемов потребления, утилизации и предотвращению об-

разования отходов (UNEP, 2019). Вместе с тем все заинтересованные стороны пришли к общему мнению и разработали ряд инициатив относительно внедрения более рациональных моделей производства и потребления, включая переход на циркулярную экономику, которая ориентирована на предотвращение образования отходов и непрерывный оборот ресурсов посредством поощрения повторного использования, обмена, ремонта, переработки и рециркуляции в целях создания замкнутой системы. Решения, недавно принятые на четвертой сессии Ассамблеи Организации Объединенных Наций по окружающей среде (UNEA, 2019), в значительной степени поддерживают этот подход и включают в себя резолюции по рациональному потреблению, производству и деловой практике, утилизации отходов и одноразовым изделиям из пластмассы.

Дополнительные пробелы касаются слабого правоприменения, раздельного сбора отходов, значительных различий между городскими и сельскими районами и некомпетентного управления отведением и очисткой ливневых вод. К основным мерам, которые необходимо принять, относятся меры, направленные на защиту периметра

свалок, налаживание процессов утилизации отходов в портах, пропаганду передовой практики в рыбном хозяйстве и усовершенствование морского транспорта с целью ограничить утрату контейнеров и попадание в море первичных микропластмасс.

При том понимании, что сокращение потребления пластмасс должно привести к сокращению образования пластмассовых отходов, можно предположить, что препятствия в деле борьбы с морским мусором и микропластиками пластмасс могут быть связаны с нерациональными моделями потребления и производства. Для содействия выработке долгосрочных решений необходимо сотрудничество с частным сектором и промышленными предприятиями. Основной причиной трудностей, связанных с изменением моделей поведения, могут быть недостаточные экономические стимулы. Наконец, особый интерес как для производителей, так и для потребителей пластмасс представляет разработка химических продуктов и процессов, ориентированная на сокращение или исключение использования или образования опасных веществ (см. таблицу 4).

2. Сброс отходов в море, включая мусор с судов и осадки сточных вод

2.1. Введение

В соответствии с пунктом 5 а) i) статьи 1 Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву¹³, Конвенцией по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов 1972 года (Лондонская конвенция) и Лондонским протоколом 1996 года к ней сброс (или захоронение) означает любое преднамеренное удаление отходов или других материалов с судов, летательных аппаратов, платформ или других искусственно сооруженных в море конструкций.

Сброс таких материалов, как отходы драгирования, осадки сточных вод, промышленные отходы, рыбные отходы, стоки с судов и искусственных конструкций, органические и неорганические химические вещества, радиоактивные матери-

алы, боевые взрывчатые вещества и химикаты военного назначения, оказывает воздействие на морские экосистемы и вызывает экологические проблемы (Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR), 2010b; IMO, 2018). Лондонская конвенция и Лондонский протокол (помимо Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву) содержат положения о контроле за нерегулируемым сбросом и сжиганием отходов в море, ориентированные на решение экологических проблем, возникающих в результате сброса отходов. Соответствующие нормативные требования неоднократно пересматривались (IMO, 2018). Многие страны приняли участие в разработке региональных инициатив и подходов в области контроля и оценки сброса отходов.

¹³ United Nations, *Treaty Series*, vol. 1834, No. 31363.

Таблица 4
Резюме пробелов в знаниях и в формировании потенциала

Пробелы в знаниях
Знаний о причинах образования морского мусора недостаточно. Источники и динамика загрязнения пластмассой не являются основной темой исследований.
Точные методы учета отсутствуют, а инструменты анализа микро- и наночастиц пластмасс имеют ограничения в плане мощности, пределов обнаружения, точности и качества.
Идентификация полимеров в отношении частиц микрометрового размера является сложной и долгой процедурой.
Научные знания (касающиеся масштабов загрязнения пластмассами, микрочастиц пластмасс, научно-технической базы для мониторинга, координации данных, токсичности пластмасс, оценки рисков и перспектив) фрагментарны.
Последствия для здоровья человека потребления в пищу загрязненных пластмассой морепродуктов неизвестны.
Роль и воздействие оставленных, утерянных или иным образом брошенных орудий лова и морского мусора, связанного с аквакультурой, мало изучены.
Знания о деградации пластмасс и выщелачивании добавок или других химических веществ в различных средах остаются ограниченными.
Вычислительные модели (в плане охвата и степени детализации) недостаточно развиты.
Имеются пробелы в знаниях относительно экономических последствий загрязнения пластмассой для рыболовства, туризма и морского транспорта. Связь между замусориванием моря и региональной экономикой плохо изучена.
Дальнейшего изучения требует воздействие морского пластмассового мусора на изменение климата в контексте экстремальных явлений и возможного выброса загрязняющих веществ, а также ограничения способности океана поглощать углерод.
В некоторых странах, особенно в архипелажных, трудно внедрять положения о расширенной ответственности производителя.
Информирование общественности, изменение моделей поведения и переход на циркулярную экономику идут медленными темпами; между странами существуют различия в уровнях образования.
Пробелы в формировании потенциала
Во многих частях мира мониторинг не ведется.
Имеются технические трудности с определением местонахождения зон скопления мусора и конкретных видов мусора (например, оставленные, утерянные или иным образом брошенные орудия лова).
Имеются технологические недостатки (например, недостатки в инфраструктуре управления отходами). Эффективные стратегии должны охватывать такие аспекты, как экологически устойчивая и эффективная утилизация отходов, возможности для переработки отходов и замещение материалов.
Методологии экономической оценки должны предусматривать оценку затрат, связанных с присутствием пластмассы в окружающей среде.
Комплексные процессы принятия решений на различных уровнях и координация деятельности по разработке и осуществлению программ, включая принятие мер, ориентированных на региональные приоритеты, отсутствуют.
Правоприменительная деятельность недостаточно эффективна.
Инфраструктура и нормативная база в области утилизации отходов неполноценны или малоэффективны; во многих частях мира обращение с отходами не упорядочено.
Между городскими и сельскими районами имеются серьезные различия.
Управление отведением и очисткой ливневых вод осуществляется неэффективно.
Не везде присутствует надлежащая инфраструктура для сбора, удаления и переработки отходов и приемные сооружения в портах.
Необходимо повысить уровень пригодности товаров к повторному использованию.
Для сокращения объемов и изменения моделей производства, спроса и потребления пластмасс необходимы сотрудничество и координация усилий с частным сектором и промышленными предприятиями.
Необходимо повышать уровень осведомленности, информированности и просвещенности общественности.

В рамках Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях¹⁴ и Базельской конвенции¹⁵ также осуществлялись инициативы по контролю за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, а также защите здоровья человека и окружающей среды от стойких органических загрязнителей.

2.2. Ситуация, отраженная в первой «Оценке состояния Мирового океана»

В главе 24 первой «Оценки», посвященной удалению твердых отходов (United Nations, 2017b), говорится о нормативно-правовой базе, регулирующей сброс отходов, и о важных международных вехах, таких как принятие Лондонской конвенции и Лондонского протокола. В ней представлен обзор средств регулирования и типов отходов, охватываемых обоими документами, а также описываются усилия, направленные на обеспечение понимания количества и характера отходов и других сбрасываемых материалов. В «Оценке» также озвучены опасения по поводу представления многими договаривающимися сторонами Лондонской конвенции и Лондонского протокола неполной отчетности, что не позволяет со всей ясностью проанализировать ситуацию, оценить ход выполнения договоренностей и понять положение дел со сбросом отходов.

2.3. Изменения в показателях сброса отходов в море

Лондонский протокол запрещает сброс любых отходов, за исключением отходов, относящихся к следующим категориям: а) извлеченные при дноуглубительных работах материалы; б) осадки сточных вод; в) рыбные отходы или материалы, являющиеся результатом операций по промышленной переработке рыбы; г) суда и платформы или другие искусственно сооруженные в море конструкции; д) инертные геологические материалы неорганического происхождения; е) органические материалы естественного происхождения; ж) крупные предметы, состоящие в основном из железа, стали, бетона и подобных безвредных материалов, в связи с которыми воз-

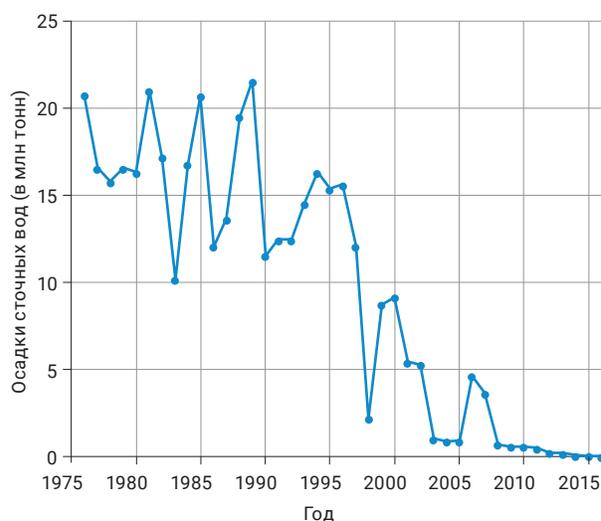
никает проблема их физического воздействия; и з) секвестрируемый в подводных геологических формациях углекислый газ (ИМО, 2018).

Изменения в общих показателях сброса отходов можно проанализировать посредством изучения опубликованных данных о захоронении отходов и разрешений, выданных в соответствии с Лондонской конвенцией и Лондонским протоколом (ИМО, 2019). В нижеследующих разделах представлен обзор различных категорий сбрасываемых твердых отходов.

2.3.1. Сброс осадков сточных вод

Сбрасываемые осадки сточных вод оказывают влияние на качество донных отложений, бентические сообщества, водную флору и фауну и на всю морскую экосистему в целом. Чрезмерная биогенная нагрузка в результате сброса сточных вод может привести к снижению содержания кислорода в воде, вызвать гибель морских организмов и уничтожить целые местообитания и экосистемы (см. гл. 10). В общей сложности 13 договаривающихся сторон представили сведения о сбросе осадков сточных вод за период с 1976 по 2016 год (всего 393 x 10⁶ тонн) (ИМО, 2019). Из рисунка III следует, что объем сбрас-

Рисунок III
Количество сброшенных осадков сточных вод



Источник: ИМО, 2019.

¹⁴ United Nations, *Treaty Series*, vol. 2256, No. 40214.

¹⁵ *Ibid.*, vol. 1673, No. 28911.

сываемых отходов резко сократился; многие договаривающиеся стороны запрещают такую деятельность, и лишь немногие сообщают об операциях по сбросу отходов. В 2011 году было сброшено в общей сложности 0,6 млн тонн отходов, а в 2016 году этот показатель упал до всего 0,00041 млн тонн.

В 2016 году ИМО опубликовала доклад об актуальных знаниях о морском мусоре в сбрасываемых в море отходах в соответствии с Лондонской конвенцией и Лондонским протоколом. Она попыталась установить, содержат ли осадки сточных вод или отходы драгирования морской мусор с учетом его типа, свойств и количества. Организация пришла к выводу о том, что в настоящее время провести такую оценку сложно из-за общего недостатка данных, разной методологии и отчетности и отсутствия систематического сбора проб на определенных участках за определенные промежутки времени (ИМО, 2016а).

2.3.2. Удаление судов в море

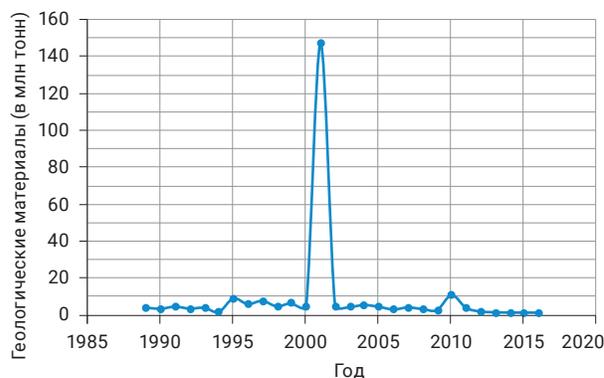
В общей сложности 22 договаривающиеся стороны Лондонской конвенции и Лондонского протокола сообщили об утилизации за период с 1976 по 2010 год 758 судов (ИМО, 2016а). В некоторых случаях суда затоплялись для создания рифов (Hess and others, 2001), в других случаях договаривающиеся стороны допускали сброс судов в море только в отсутствие вариантов для их утилизации на суше, и тогда суда затоплялись на более глубоководных участках и не предназначались для создания рифов. Иногда утилизированные суда использовались в качестве материала для научных экспериментов (ИМО, 2016b).

2.3.3. Сброс органических и неорганических отходов

Органические и неорганические отходы сбрасываются в море уже давно; в основном их грузят на суше и доставляют на суда и платформы для удаления в море. Многие страны продолжают на регулярной основе сбрасывать в океан некоторые виды отходов, образующихся на их территории. В общей сложности 15 договаривающихся сторон Лондонской конвенции и Лондонского протокола сообщили об удалении в море инертных геологических материалов неорганического происхождения за период с 1983 по 2010 год

[всего $315\,227 \times 10^6$ тонн (ИМО, 2016а)]. В 2011 году было сброшено 3,82248 млн тонн таких отходов; в 2013 году — 1,453725 млн тонн; и в 2016 году — 1,229620 млн тонн (см. рис. IV).

Рисунок IV
Количество допустимых для сброса инертных геологических материалов неорганического происхождения



Источник: ИМО, 2019.

Кроме того, в общей сложности 17 договаривающихся сторон Лондонской конвенции и Лондонского протокола сообщили об удалении в море за период с 1977 по 2010 год органических материалов естественного происхождения, включая испорченные грузы, состоящие из органических материалов естественного происхождения, общим объемом $37\,628 \times 10^6$ тонн (ИМО, 2016а). Семь договаривающихся сторон сбросили в море испорченные грузы (всего $31\,833 \times 10^6$ тонн) в период с 2003 по 2010 год (ИМО, 2016а).

2.3.4. Сброс промышленных отходов и химических веществ военного назначения

В общей сложности 23 договаривающиеся стороны сообщили об удалении в море за период с 1976 по 1995 год промышленных отходов (232×10^6 тонн), включая списанные суда, взрывоопасные отходы в бетоне, шлам, отработанные кислоты или щелочи, отходы животноводства, стеклянную пыль, промышленную пыль, керамику, боеприпасы, бетонные трубы, обломки разрушенных зданий, гидросульфит натрия, шлам, содержащий тяжелые металлы и фториды, отходы производства окиси титана, отходы производ-

ства хлорфенола, отходы производства хромата, порох, летучую золу, отходы ферментации и отходы добычи калия (ИМО, 2019).

Взрывчатые вещества и химикаты военного назначения, сброшенные в море со времен Первой мировой войны, по-прежнему представляют значительную опасность для морской экосистемы и для различных потребителей ресурсов моря (см. рис. V). Экологические пробы обычно фиксируют малую концентрацию химических соединений в составе боеприпасов в воде и отложениях (порядка нг/л и, соответственно, мкг/кг), и экологический риск считается в целом низким (Helsinki Commission, 2013; OSPAR, 2010a). При этом недавние исследования указывают на возможность сублетальных генетических и метаболических эффектов у водных организмов (Beck and others, 2018).

Рисунок V
Распределение по миру задокументированных морских объектов с затопленными в море боеприпасами



Источник: Карта распределения по миру задокументированных морских объектов с затопленными в море боеприпасами, подготовленная Центром по исследованию проблем нераспространения им. Джеймса Мартина при Миддлберийском институте международных исследований в Монтерее (www.nonproliferation.org/chemical-weapon-munitions-dumped-at-sea).

Кроме того, попадание боеприпасов в рыболовные сети, контакт взрывчатых веществ с подводной инфраструктурой или морскими установками, а также всплытие подобных материалов на поверхность могут привести к случайному возгоранию или взрыву (OSPAR, 2010a).

2.3.5. Сжигание в море

Сжигание в море — это удаление отходов в море посредством сжигания хлорорганических соединений и других токсичных отходов, которые с трудом поддаются утилизации, на специальных мусоросжигательных судах. Поправки к Лондон-

ской конвенции, вступившие в силу в 1994 году, запрещают сжигание в море промышленных отходов, однако операции по сжиганию прекратились только в 2000 году (ИМО, 2016a).

2.4. Факторы, связанные с изменениями

В настоящем разделе рассматриваются различные факторы, обусловившие изменения в порядке сброса отходов, а именно: а) факторы, приведшие к увеличению объемов сбрасываемых отходов в прошлом; и б) последовательные меры, принимаемые для смягчения последствий этой серьезной экологической проблемы. На протяжении веков люди выбрасывали отходы в океаны и моря, полагая, что для удаления загрязнителей с суши эти «свалки» удобны и безопасны. Важную роль в формировании вредной практики удаления отходов сыграли такие факторы, как невежество, небрежность и отсутствие надлежащих систем утилизации отходов, жестких правил и контроля.

Более глубокое понимание соответствующей проблемы учеными, повышение осведомленности научного сообщества и более активное участие правительств, наряду с растущей по всему миру обеспокоенностью, обострили необходимость разработки международных документов, регулирующих сброс отходов в океан (ИМО, 2018). Помимо Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву, на положение дел со сбросом отходов значительно повлияли меры регулирования, принятые в рамках Лондонской конвенции и Лондонского протокола.

Для всех категорий отходов, которые могут считаться приемлемыми для сброса в море, были разработаны общие и всеобъемлющие руководящие указания (OSPAR, 2016; ИМО, 2018). Кроме того, было составлено руководство по осуществлению странами Лондонского протокола, которое регулярно обновляется и содержит примеры действий, которые государства могли бы рассмотреть на национальном уровне. С учетом проблемы неполной отчетности, отмеченной в первой «Оценке», договаривающиеся стороны Лондонского протокола и Лондонской конвенции приняли дополнительные меры по исправлению положения, в том числе приняли соответствующий стратегический план (ИМО, 2019).

2.5. Воздействие изменений и взаимодействие отходов с другими компонентами морской системы

Воздействие сбрасываемых материалов на морскую экосистему является главным аспектом глобальной проблемы сброса твердых отходов. Из-за динамической природы океана определить судьбу различных сброшенных материалов крайне трудно. Кроме того, в силу наличия различных источников загрязнения и сложностей, связанных с отслеживанием конкретных загрязнителей, установить, в какой степени сброс отходов в океан обуславливает наблюдаемые экологические эффекты и последствия, очень сложно. В целом воздействие сброса связано с типом, количеством и свойствами отходов, а также характеристиками затронутых районов океана. Кроме того, экологические последствия зависят от продолжительности периода времени, в течение которого происходит сброс отходов. Чтобы понять динамику, необходимо проанализировать возможное воздействие основных категорий отходов на компоненты морской среды, а также то, каким образом изменения в практике сброса отходов способствуют смягчению последствий имеющейся проблемы (IMO, 2018).

Сбрасываемые в океаны и моря твердые отходы оказывают разнообразное воздействие на морскую экосистему, флору и фауну, а также на людей, жизнь которых связана с солоноводными водоемами. К негативным последствиям могут относиться загрязнение химическими веществами (см. гл. 11), загрязнение питательными веществами и эвтрофикация (см. гл. 10), ухудшение качества воды, уменьшение содержания кислорода в воде, замор морских организмов, сокращение площади подводной растительности, отравление и гибель океанических растений и животных, а также угроза для здоровья человека. Хотя типов и источников загрязнения насчитывается множество, на сбрасываемые твердые отходы приходится немалая доля нагрузки на океаны и моря (IMO, 2018).

2.6. Экосистемные и социально-экономические последствия продолжающихся изменений в системе

Нежелательные перемены в состоянии экосистем обусловлены сочетанием внешних факторов, которые оказывают воздействие на систему и на ее внутреннюю устойчивость. По мере снижения устойчивости экосистема становится уязвимой и, как следствие, перемены в ее состоянии могут спровоцировать все более незначительные внешние события. Таким образом, приводящие к отклонениям антропогенные факторы повышают вероятность нежелательных перемен в состоянии экосистем (Scheffer and others, 2001).

Проблема ограниченности знаний, касающаяся оценки социально-экономических последствий, не менее актуальна и для оценки последствий продолжающихся изменений в системе. Изменения в состоянии экосистем могут привести к большим потерям в плане экологических и экономических ресурсов. Возможности для возврата к желаемому состоянию могут зависеть от степени деградации системы и требовать принятия кардинальных и дорогостоящих мер. По некоторым подсчетам, удаление мусора из сточных вод Южной Африки обойдется примерно в 279 млн долл. США в год (Lane and others, 2007). В отношении других видов мероприятий по сбросу отходов существуют значительные пробелы в понимании социально-экономических последствий и недостаточно рыночных инструментов

2.7. Значимость для целей в области устойчивого развития

Проблема захоронения отходов тесно связана с целью 14 в области устойчивого развития, в частности с задачами 14.1 и 14.c. В контексте настоящей главы соответствующие задачи в рамках цели 14 увязаны также с целью 12, касающейся обеспечения устойчивых моделей потребления и производства, и целью 11, касающейся обеспечения открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов. Для содействия учету целей в различных секторах был проделан значительный объем работы, что может оказать косвенное влияние на сброс

отходов в море. В частности, важной платформой для взаимодействия и интеграции является Глобальное партнерство по проблеме удаления и утилизации отходов (UNEP, 2010), отчасти потому, что к шести тематическим направлениям его деятельности относятся комплексная утилизация отходов, борьба с замусориванием моря и сведение отходов к минимуму. В соответствии с Лондонской конвенцией усилия по решению проблемы морского мусора включают разработку базы данных портовых приемных сооружений в качестве модуля Глобальной интегрированной системы информации о судоходстве ИМО.

2.8. Перспективы

Причины изменений в процедурах, связанных со сбросом отходов, заключаются в изменении моделей производства и потребления материалов, которые в настоящее время сбрасываются в океан. Хотя Лондонская конвенция и Лондонский протокол охватывают многообразные и отличные категории отходов, все эти категории связаны с конкретными отраслями и факторами, в отношении которых можно добиваться перемен. В этой связи смена моделей производства и потребления должна производиться с участием заинтересованных сторон, представляющих различные отрасли.

Принятый в 2016 году на тридцать восьмом Консультативном совещании договаривающихся сторон Лондонской конвенции и одиннадцатом Совещании договаривающихся сторон Лондонского протокола стратегический план дает некоторое представление о развитии ситуации в области сброса отходов в краткосрочной и среднесрочной перспективе (ИМО, 2018). План предусматривает четыре стратегических направления деятельности. Первое стратегическое направление деятельности ориентировано на содействие ратификации Лондонского протокола или присоединению к нему и включает в себя задачу существенно увеличить число стран, ратифицирующих протокол или присоединяющихся к нему каждый год. Второе стратегическое направление деятельности ориентировано на более эффективное осуществление Лондонского протокола и Лондонской конвенции посредством оказания технической помощи и поддержки договаривающимся сторонам и разработки руководящих указаний

и мер для содействия осуществлению этих документов путем устранения нормативных, научных и технических барьеров, а также поощрения более строгого соблюдения установленных требований, включая отчетность, и участия договаривающихся сторон в работе по обоим документам и содействия этому. Третье стратегическое направление деятельности ориентировано на содействие работе в рамках Лондонского протокола и Лондонской конвенции извне, а четвертое – на выявление и решение новых проблем, связанных с морской средой, в контексте обоих документов. В этой связи было разработано несколько ступенчатых показателей, согласно которым к 2030 году 100 процентов договаривающихся сторон должны выполнять свои обязательства по представлению отчетности и иметь национальный орган и соответствующий законодательный или регулирующий орган для осуществления Лондонской конвенции и Лондонского протокола.

В перспективе целями работы в рамках Лондонской конвенции и Лондонского протокола являются регулирование таких процессов, как «удобрение» океана и «геоинженерия», а также анализ воздействия новых морских геоинженерных технологий. Дальнейшая работа предусматривается на основе сотрудничества между ИМО (в соответствии с Лондонским протоколом), Организацией Объединенных Наций и Объединенной группой экспертов по научным аспектам защиты морской среды по таким вопросам, как шахтные отходы, уничтожение или восстановление местобитаний и морской мусор, в целях устранения пробелов в международной правовой базе. Кроме того, будет внедрена практика представления упрощенной отчетности через интернет, создана база данных и проведен обзор деятельности по мониторингу. Наконец, будет рассмотрено экологическое воздействие химических боеприпасов, сброшенных в море в прошлом.

2.9. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала

После принятия Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву, Лондонской конвенции и Лондонского протокола прибрежные государства приняли правила,

касающиеся удаления твердых отходов в море, и был достигнут значительный прогресс (ИМО, 2018). Однако из-за существенного занижения показателей в отчетности многими договаривающимися сторонами и недостатка опубликованных данных отследить ход выполнения достигнутых договоренностей и понять нынешние масштабы проблемы крайне затруднительно.

Пробелы в знаниях касаются:

- масштаба воздействия утилизированных в море судов с корпусом из волокнита;
- социально-экономических последствий сброса всех допустимых видов отходов, включая прежнюю практику удаления отходов;
- понимания последствий принятия соответствующих стратегий (например, правил в области удаления отходов) для практики сброса отходов и для морской среды;
- понимания масштабов и последствий замусоривания моря;
- совокупного воздействия нынешних и прошлых операций по сбросу отходов и загрязнения из других крупных источников.

К пробелам в формировании потенциала относятся:

- контроль (и отчетность) в связи со сбросом отходов;
- понимание влияния деятельности, осуществляемой на суше, на количество отходов, сбрасываемых в океан;

- новые методы управления рисками, связанными с затопленными боеприпасами, руководящие указания (например, для работников рыбной промышленности) на случай обнаружения боеприпасов, методы безопасного удаления затопленных боеприпасов и отслеживание возможного воздействия;
- поиск экологичных альтернатив сбросу отходов в океан или устранение необходимости сброса благодаря изменению моделей производства.

Хотя масштабы сброса наиболее распространенных допустимых видов отходов значительно уменьшились, количество отходов других видов может возрасти. Находящиеся на значительном расстоянии друг от друга районы мира становятся все более взаимосвязанными, поскольку решения, касающиеся потребления, производства и управления, влияют на использование другими странами материалов, накопление ими отходов, источники энергии и потоки информации и могут привести к получению совокупных экономических выгод при одновременном смещении экономических и экологических издержек. При том, что более 60 процентов городской инфраструктуры, которая, как ожидается, будет существовать к 2050 году, еще не построено, понимание роли сброса отходов городского строительства и обустройства приобретает решающее значение. Последствия этой деятельности для морской среды необходимо принять во внимание.

Справочная литература

- Abayomi, Oyebamiji, and others (2017). Microplastics in coastal environments of the Arabian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 124, No. 1, pp. 181–188. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.011>.
- Addamo, A.M., and others (2017). *Top Marine Beach Litter Items in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-79-87711-7. <http://doi.org/10.2760/496717>.
- Amélineau, Françoise, and others (2016). Microplastic pollution in the Greenland Sea: background levels and selective contamination of planktivorous diving seabirds. *Environmental Pollution*, vol. 219, pp. 1131–1139.
- Arias-Andrés, María, and others (2018). Microplastic pollution increases gene exchange in aquatic ecosystems. *Environmental Pollution*, vol. 237, pp. 253–261.
- Arossa, Silvia, and others (2019). Microplastic removal by Red Sea giant clam (*Tridacna maxima*). *Environmental Pollution*, vol. 252, part. B.
- Barboza, Luís Gabriel Antão, and others (2018). Marine microplastic debris: an emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 133, pp. 336–348.

- Barnes, David K.A., and others (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 364, No. 1526, pp. 1985–1998.
- Barrows, Abigail, and others (2018). Marine environment microfiber contamination: global patterns and the diversity of microparticle origins. *Environmental Pollution*, vol. 237, pp. 275–284.
- Beaumont, Nicola J., and others (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 142, pp. 189–195.
- Beck, Aaron J., and others (2018). Spread, behavior, and ecosystem consequences of conventional munitions compounds in coastal marine waters. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 141.
- Beer, Sabrina, and others (2018). No increase in marine microplastic concentration over the last three decades: a case study from the Baltic Sea. *Science of the Total Environment*, vol. 621, pp. 1272–1279.
- Bessa, Filipa, and others (2019). Microplastics in gentoo penguins from the Antarctic region. *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, art. 14191. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50621-2>.
- Brandon, Jennifer A., and others (2019). Multidecadal increase in plastic particles in coastal ocean sediments. *Science Advances*, vol. 5, No. 9. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0587>.
- Carlton, James T., and others (2017). Tsunami-driven rafting: transoceanic species dispersal and implications for marine biogeography. *Science*, vol. 357, No. 6358, pp. 1402–1406.
- Catarino, A.I., and others (2018). Low levels of microplastics (MP) in wild mussels indicate that MP ingestion by humans is minimal compared to exposure via household fibres fallout during a meal. *Environmental Pollution*, vol. 237, pp. 675–684.
- Chiba, Sanae and others (2018). Human footprint in the abyss: 30-year records of deep-sea plastic debris. *Marine Policy*, vol. 96, pp. 204–212.
- Cincinelli, Alessandra, and others (2017). Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): occurrence, distribution and characterization by FTIR. *Chemosphere*, vol. 175, pp. 391–400.
- Claro, Françoise, and others (2019). Tools and constraints in monitoring interactions between marine litter and megafauna: Insights from case studies around the world. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 141, pp. 147–160.
- Collignon, Amandine, and others (2012). Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, No. 4, pp. 861–864. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.01.011>.
- Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR) (2010a). *Overview of Past Dumping at Sea of Chemical Weapons and Munitions in the OSPAR Maritime Area: 2010 Update*. London.
- _____ (2010b). Quantities of dredged material dumped. In *Quality Status Report 2010*. https://qsr2010.ospar.org/media/assessments/p00433_supplements/p00433_suppl_3_total_annual_amounts.pdf.
- _____ (2016). OSPAR annual report on dumping and placement of wastes or other matter at sea in 2014. Environmental Impacts of Human Activities Series.
- _____ (2017). *Marine Litter chapter*. OSPAR Intermediate Assessment 2017. <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/pressures-human-activities/marine-litter>.
- Compa, Montserrat, and others (2019). Spatio-temporal monitoring of coastal floating marine debris in the Balearic Islands from sea-cleaning boats. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 141, pp. 205–214.
- Courtene-Jones, Winnie, and others (2019). Consistent microplastic ingestion by deep-sea invertebrates over the last four decades (1976–2015), a study from the North East Atlantic. *Environmental Pollution*, vol. 244, pp. 503–512.
- Cózar A., and others (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 111, No. 28, pp. 10239–10244.

- Cózar, A., and others (2017). The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation. *Science Advances*, vol. 3, No. 4, p. e1600582.
- Crippa, Maurizio, and others (2019). *A Circular Economy for Plastics: Insights from Research and Innovation to Inform Policy and Funding Decisions*. M.D. Smet and M. Linder, eds. Brussels: European Commission.
- Domènech, F., and others (2019). Two decades of monitoring in marine debris ingestion in loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, from the western Mediterranean. *Environmental Pollution*, vol. 244, pp. 367–378.
- Eriksen, Marcus, and others (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLOS One*, vol. 9, No. 12, p. e111913.
- Eriksen, Marcus, and others (2018). Microplastic sampling with the AVANI trawl compared to two neuston trawls in the Bay of Bengal and South Pacific. *Environmental Pollution*, vol. 232, pp. 430–439.
- European Food Safety Authority Panel on Contaminants in the Food Chain (2016). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal*, vol. 14, No. 6, e04501.
- Everaert, Gert, and others (2018). Risk assessment of microplastics in the ocean: modelling approach and first conclusions. *Environmental Pollution*, vol. 242, pp. 1930–1938.
- Fang, Chao, and others (2018). Microplastic contamination in benthic organisms from the Arctic and sub-Arctic regions. *Chemosphere*, vol. 209, pp. 298–306.
- Filho W., and others (2019). Plastic debris on Pacific islands: ecological and health implications. *Science of the Total Environment*, vol. 670, pp. 181–187, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.181>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016) = Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (2016). *Состояние мирового рыболовства и аквакультуры: вклад в обеспечение всеобщей продовольственной безопасности и питания*. Рим.
- Gaibor, Nikita, and others (2020). Composition, abundance and sources of anthropogenic marine debris on the beaches from Ecuador: a volunteer-supported study. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 154, art. 111068. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111068>.
- García-Rivera, Santiago, and others (2018). Spatial and temporal trends of marine litter in the Spanish Mediterranean seafloor. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 137, pp. 252–261.
- Gerigny, O., and others (2019). Seafloor litter from the continental shelf and canyons in French Mediterranean water: distribution, typologies and trends. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 146, pp. 653–666.
- Geyer, Roland, and others (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, vol. 3, No. 7, p. e1700782.
- Helsinki Commission (2013). *Chemical Munitions Dumped in the Baltic Sea. Report of the Ad Hoc Expert Group to Update and Review the Existing Information on Dumped Chemical Munitions in the Baltic Sea*. Baltic Sea Environment Proceeding (BSEP), No. 142.
- Hess, Ronald W., and others (2001). *Disposal Options for Ships*. Santa Monica, California: RAND Corporation. www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1377.html.
- Hidalgo-Ruz, Valeria, and others (2018). Spatio-temporal variation of anthropogenic marine debris on Chilean beaches. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 126, pp. 516–524.
- Hong, Sunwook, and others (2017). Navigational threats by derelict fishing gear to navy ships in the Korean seas. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 119, No. 2, pp. 100–105. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.006>.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2019) = Межправительственная научно-политическая платформа по биоразнообразию и экосистемным услугам. Доклад о глобальной оценке биоразнообразия и экосистемных услуг: резюме для директивных органов. Брондицио, Сеттел и Диас (ред.). Бонн, секретариат МПБЭУ. https://ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_ru.pdf.

- International Maritime Organization (IMO) (2016a). *Overview of Statistics of Dumping Permits for the Period from 1972–2010 for the Twentieth Anniversary of the Adoption of the London Protocol*. Final Report on Permits Issued in 2010, LC 38-7-1.
- _____ (2016b). *Review of the Current State of Knowledge Regarding Marine Litter in Wastes Dumped at Sea under the London Convention and Protocol*. Final Report.
- _____ (2018). *Report of the Forty-First Meeting of the Scientific Group of the London Convention and the Twelfth Meeting of the Scientific Group of the London Protocol*, LC/SG 41/16.
- _____ (2019). *London Convention and Protocol Overview of Statistics of Dumping Permits for the Period 1976 to 2016 (2019)*. Direct Communication from the Secretariat for London Convention/Protocol and Ocean Affairs.
- Ioakeimidis C., and others (2017). Occurrence of marine litter in the marine environment: a world panorama of floating and seafloor plastics. In *Hazardous Chemicals Associated with Plastics in Environment*. H. Takada and H.K. Karapanagioti, eds. Handbook of Environmental Chemistry Series, vol. 78. Cham, Switzerland, Springer, pp. 93–120. https://link.springer.com/chapter/10.1007/698_2017_22.
- Isobe, Atsuhiko, and others (2015). East-Asian seas: a hot spot of pelagic microplastics. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 101, No. 2, pp. 618–623.
- Isobe, Atsuhiko, and others (2017). Microplastics in the Southern Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 114, No. 1, pp. 623–626.
- Ivar do Sul, Juliana A., and others (2014). Microplastics in the pelagic environment around oceanic islands of the Western Tropical Atlantic Ocean. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 225, No. 7, art. 2004.
- Jambeck, Jenna R., and others (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, vol. 347, No. 622, pp. 768–771.
- Jamieson, Alan J., and others (2019). Microplastics and synthetic particles ingested by deep-sea amphipods in six of the deepest marine ecosystems on Earth. *Royal Society Open Science*, vol. 6, No. 2, art. 180667.
- Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) (2016). *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: Part 2 of a Global Assessment*. P.J. Kershaw and C.M. Rochman, eds. GESAMP Report and Studies Series, No. 93. IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.
- _____ (2019). *Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter and Microplastics in the Ocean*. P.J. Kershaw and F. Galgani, eds. GESAMP Report and Studies Series, No. 99.
- Kako, Shin'ichiro, and others (2014). A decadal prediction of the quantity of plastic marine debris littered on beaches of the East Asian marginal seas. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 81, No. 1, pp. 174–184.
- Kanhai, La Daana K., and others (2018). Microplastics in sub-surface waters of the Arctic Central Basin. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 130, pp. 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.03.011>.
- Kühn, Fabienne, and others (2018). Plastic ingestion by juvenile polar cod (*Boreogadus saida*) in the Arctic Ocean. *Polar Biology*, vol. 41, pp. 1269–1278. <https://doi.org/10.1007/s00300-018-2283-8>.
- Lacerda, Ana L.D.F., and others (2019). Plastics in sea surface waters around the Antarctic Peninsula. *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, art. 3977.
- Lane, S.B., and others (2007). Regional overview and assessment of marine litter related activities in the West Indian Ocean region. *Report to the United Nations Program*.
- Lavender Law, Kara, and others (2010). Plastic accumulation in the North Atlantic subtropical gyre. *Science*, vol. 329, No. 5996, pp. 1185–1188. <http://doi.org/10.1126/science.1192321>.
- Lavender Law, Kara, and others (2014). Distribution of surface plastic debris in the eastern Pacific Ocean from an 11-year data set. *Environmental Science and Technology*, vol. 48, No. 9, pp. 4732–4738.

- Lavender Law, Kara, and others (2017). Plastics in the marine environment. *Annual Review of Marine Science*, vol. 9, pp. 205–229.
- Lavers, Jennifer L., and Alexander L. Bond (2017). Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, No. 23, pp. 6052–6055.
- Lebreton, L., and others (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, vol. 8, art. 15611.
- Lechner, Aaron, and others (2014). The Danube so colourful: a potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. *Environmental Pollution*, vol. 188, pp. 177–181.
- Leclerc, Lisa-Marie E., and others (2012). A missing piece in the Arctic food web puzzle? Stomach contents of Greenland sharks sampled in Svalbard, Norway. *Polar Biology*, vol. 35, No. 8, pp. 1197–1208. <https://doi.org/10.1007/s00300-012-1166-7>.
- Lusher, Amy (2015). Microplastics in the Marine Environment: Distribution, Interactions and Effects. In *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, pp. 245–307.
- Macfadyen, Graeme, and others (2009). *Abandoned, Lost or Otherwise Discarded Fishing Gear*. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 185 and FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 523. Rome.
- Maes, Thomas, and others (2018). Below the surface: twenty-five years of seafloor litter monitoring in coastal seas of North West Europe (1992–2017). *Science of the Total Environment*, vol. 630, pp. 790–798. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.245>.
- Markic, Ana, and others (2018). Double trouble in the South Pacific subtropical gyre: increased plastic ingestion by fish in the oceanic accumulation zone. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 136, pp. 547–564.
- Martínez-Vicente, Víctor, and others (2019). Measuring marine plastic debris from space: initial assessment of observation requirements. *Remote Sensing*, vol. 11, No. 20.
- Maximenko, Nikolai, and others (2019). Toward the Integrated Marine Debris Observing System. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 447. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00447>.
- Ministry of Ecology and Environment, China (2019). *Bulletin of Marine Ecological Environmental Status of China in 2018*. <http://hys.mee.gov.cn/dtxx/201905/P020190529532197736567.pdf>.
- Mcllgorm, A., and others (2020). *Update of 2009 APEC report on Economic Costs of Marine Debris to APEC Economies*. A report to the APEC Ocean and Fisheries Working Group by the Australian National Centre for Ocean Resources and Security (ANCORS). Australia: University of Wollongong.
- Miranda-Urbina, Diego, and others (2015). Litter and seabirds found across a longitudinal gradient in the South Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 96, Nos. 1–2, pp. 235–244.
- Monteiro, Raqueline C.P., and others (2018). Plastic pollution in islands of the Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, vol. 238, pp. 103–110.
- Morgana, Silvia, and others (2018). Microplastics in the Arctic: a case study with sub-surface water and fish samples off Northeast Greenland. *Environmental Pollution*, vol. 242, pp. 1078–1086.
- Munari, Cristina, and others (2017). Microplastics in the sediments of Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Marine Pollution Bulletin*, vol. 122, Nos. 1–2, pp. 161–165.
- Murray, Cathryn Clarke, and others (2018). The influx of marine debris from the Great Japan Tsunami of 2011 to North American shorelines. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 132, pp. 26–32.
- Nielsen, Julius, and others (2014). Distribution and feeding ecology of the Greenland shark (*Somniosus microcephalus*) in Greenland waters. *Polar Biology*, vol. 37, No. 1, pp. 37–46. <https://doi.org/10.1007/s00300-013-1408-3>.
- Ostle, Clare, and others (2019). The rise in ocean plastics evidenced from a 60-year time series. *Nature Communications*, vol. 10, No. 1, art. 1622.

- Peeken, Ilka, and others (2018). Microplastics in the marine realms of the Arctic with special emphasis on sea ice. *Arctic Report Card*, vol. 2018, pp. 89–99.
- Petry, Maria V., and Victória R.F. Benemann (2017). Ingestion of marine debris by the white-chinned petrel (*Procellaria aequinoctialis*): is it increasing over time off southern Brazil? *Marine Pollution Bulletin*, vol. 117, Nos. 1–2, pp. 131–135.
- Pham, Christopher, and others (2014). Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins. *PLOS One*, vol. 9, No. 4, p. e95839.
- Pierdomenico, Martina, and others (2019). Massive benthic litter funnelled to deep sea by flash-flood generated hyperpycnal flows. *Scientific Reports*, vol. 9, art. 5330. [www.nature.com/articles/s41598-019-41816-8](https://doi.org/10.1038/s41598-019-41816-8).
- PlasticsEurope (2019). *Plastics: The Facts 2018 – An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*. Brussels.
- Reisser, Julia, and others (2014). Millimeter-sized marine plastics: a new pelagic habitat for microorganisms and invertebrates. *PLOS One*, vol. 9, No. 6, p. e100289.
- Richardson, Kelsey, and others (2019). Estimates of fishing gear loss rates at a global scale: a literature review and meta-analysis. *Fish and Fisheries*, vol. 20, No. 6, pp. 1218–1231. <https://doi.org/10.1111/faf.12407>.
- Rochman, Chelsea M. (2018). Microplastics research: from sink to source. *Science*, vol. 360, No. 6384, pp. 28–29.
- Rochman, Chelsea M., and others (2016). The ecological impacts of marine debris: unraveling the demonstrated evidence from what is perceived. *Ecology*, vol. 97, No. 2, pp. 302–312. <https://doi.org/10.1890/14-2070.1>.
- Scheffer, Marten, and others (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, vol. 413, No. 6856, pp. 591–596.
- Scheld, Andrew, and others (2016). The dilemma of derelict gear. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 19671. <https://doi.org/10.1038/srep19671>.
- Schmidt, Christian, and others (2017). Export of plastic debris by rivers into the sea. *Environmental Science and Technology*, vol. 51, No. 21, pp. 12246–12253. <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.7b02368>.
- Schulz, Marcus, and others (2013). A multi-criteria evaluation system for marine litter pollution based on statistical analyses of OSPAR beach litter monitoring time series. *Marine Environmental Research*, vol. 92, pp. 61–70.
- Schuyler, Qamar A., and others (2016). Risk analysis reveals global hotspots for marine debris ingestion by sea turtles. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 2, pp. 567–576.
- Science Advice for Policy by European Academies (SAPEA) (2019). *A Scientific Perspective on Microplastics in Nature and Society*. Berlin. <https://doi.org/10.26356/microplastics>.
- Strafella, P., and others (2019). Assessment of seabed litter in the Northern and Central Adriatic Sea (Mediterranean) over six years. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 141, pp. 24–35.
- Tekman, Mine B., and others (2017). Marine litter on deep Arctic seafloor continues to increase and spreads to the North at the HAUSGARTEN observatory. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 120, pp. 88–99.
- Ten Brink, Patrick, and others (2018). Circular economy measures to keep plastics and their value in the economy, avoid waste and reduce marine litter. *Economics*. Discussion paper, No. 2018-3, pp. 1–15. www.economics-ejournal.org/economics/discussionpapers/2018-3.
- Thiel, Martin, and others (2018). Impacts of marine plastic pollution from continental coasts to subtropical gyres: fish, seabirds, and other vertebrates in the SE Pacific. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 238.

- Topouzelis, Konstantinos, and others (2019). Detection of floating plastics from satellite and unmanned aerial systems (Plastic Litter Project 2018). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 79, pp. 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.03.011>.
- United Nations (2017a). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017b). Chapter 24: Solid waste disposal. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- United Nations Environment Assembly (UNEA) (2019) = Ассамблея Организации Объединенных Наций по окружающей среде. Резолюции и решения, принятые Комитетом полного состава Ассамблеи Организации Объединенных Наций по окружающей среде на ее четвертой сессии 11–15 марта 2019 года. Заявление министров, резолюции и решения четвертой сессии Ассамблеи. <https://environmentassembly.unenvironment.org/unea4>.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2010). *Global Partnership on Waste Management*.
- _____ (2014) *Valuing Plastics: The Business Case for Measuring, Managing and Disclosing Plastic Use in the Consumer Goods Industry*. Nairobi.
- _____ (2017). *Marine Litter Socio Economic Study*. Nairobi.
- _____ (2018). *Single-Use Plastics: A Roadmap for Sustainability*. Nairobi.
- _____ (2019). *State of the Environment and Development in the Mediterranean. UNEP MAP*. Information document of the 21st Meeting of the Contracting Parties to the Barcelona Convention. Naples, Italy, 2–5 December 2019. UNEP/MED IG.24/Inf.11. Nairobi.
- United Nations Environment Programme and GRID-Arendal (2016). *Marine Litter Vital Graphics*. Nairobi.
- Van Cauwenberghe, Lisbeth, and others (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution*, vol. 182, pp. 495–499.
- Van der Hall, N., and others (2017). Exceptionally high abundances of microplastics in the oligotrophic Israeli Mediterranean coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 116, pp. 151–155.
- Van Emmerick, Tim, and others (2018). A Methodology to characterize riverine macroplastic emission into the ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 372. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00372>.
- Van Franeker, Jan A., and Kara Lavender Law (2015). Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution. *Environmental Pollution*, vol. 203, pp. 89–96.
- Van Sebille, Erik, and others (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters*, vol. 10, No. 12, p. 124006.
- Veerasingam, S., and others (2016). Characteristics, seasonal distribution and surface degradation features of microplastic pellets along the Goa coast, India. *Chemosphere*, vol. 159, pp. 496–505.
- Viršek, Manca Kovač, and others (2017). Microplastics as a vector for the transport of the bacterial fish pathogen species *Aeromonas salmonicida*. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 125, Nos. 1–2, pp. 301–309.
- Waller, Catherine, and others (2017). Microplastics in the Antarctic marine system: an emerging area of research. *Science of the Total Environment*. vol. 598, pp. 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283>.
- Walther, Bruno A., and others (2018). Type and quantity of coastal debris pollution in Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 135, pp. 862–872.
- Wilcox, Chris, and others (2018). A quantitative analysis linking sea turtle mortality and plastic debris ingestion. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, p. 12536. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30038-z>.
- Wilcox, Chris, and others (2019). Abundance of Floating Plastic Particles Is Increasing in the Western North Atlantic Ocean. *Environmental Science and Technology*, vol. 54, No. 2, pp. 790–796. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04812>.

- Woodall, Lucy C., and others (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, vol. 1, No. 4, art. 140317.
- Woodall, Lucy C., and others (2015). Deep-sea litter: a comparison of seamounts, banks and a ridge in the Atlantic and Indian Oceans reveals both environmental and anthropogenic factors impact accumulation and composition. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 3.
- Wright, Stephanie, and Franck Kelly (2017). Plastic and human health: a micro issue? *Environmental Science and Technology*, vol. 51, No. 12, pp. 6634–6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>.
- Zablotski, Yury, and Sarah B.M. Kraak (2019). Marine litter on the Baltic seafloor collected by the international fish-trawl survey. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 141, pp. 448–461. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.014>.
- Zhou, Changchun, and others (2016). Assessment of marine debris in beaches or seawaters around the China seas and coastal provinces. *Waste Management*, vol. 48, pp. 652–660.

Глава 13

Изменения в абразии и седиментации

Участники: Ка Тхань Ву (координатор и ведущий участник), Полетт Байноу, Маттьё де Схиппер, Чанг Минь Дуонг, Сильвен Монд, Туан Ле Нгуен, Рошанка Ранасингхе, Джошуа Т. Тухумвире (соведущий участник), Фрэнк Холл и Мэтт Элиот.

Ключевые тезисы

- Береговая абразия может приводить к отступлению берега, разрушению среды обитания и потере суши, что влечет за собой значительные негативные экологические и социально-экономические последствия для прибрежных зон во всем мире.
- Баланс и геология наносов определяют морфологию и динамику прибрежной зоны, которые влияют на характер и здоровье прибрежных экосистем. Человеческая деятельность, влияющая на динамику наносов, как на побережье, так и на суше, изменяет естественные закономерности абразии и седиментации.
- Во всем мире наблюдается все большее отклонение или нарушение притока наносов к побережью и вдоль него из-за строительства плотин в верховьях рек, добычи прибрежного и речного песка и развития береговой инфраструктуры. Из-за сокращения притока наносов береговая линия отступает все дальше.
- В отличие от песчаного или глинистого побережья, скалы подвергаются прогрессивной абразии. Во многом это вызвано сочетанием геотехнической нестабильности, выветривания верхней части скал и воздействия волн на нижнюю их часть.
- Результаты недавних исследований показывают, что в случае примерно 15 процентов всех песчаных пляжей мира береговая линия отступает со средней скоростью 1 м в год или выше на протяжении последних 33 лет, в то время как почти половина песчаных пляжей мира в настоящее время стабильна.
- Во многих районах наблюдаемое историческое наступление береговой линии связано с приращением суши и изъятием прибрежных территорий под строительство. Эта человеческая деятельность изменяет прибрежную динамику, обычно приводя к абразии в нижнем бассейне.
- Последствия изменения климата, включая повышение уровня моря и потенциальное увеличение частоты и интенсивности сильных тропических и внетропических штормов, могут ускорить береговую абразию. Человеческая деятельность оказывает наибольшее воздействие на дельты и прилегающие берега, что имеет потенциально серьезные последствия для других прибрежных систем, таких как песчаные косы, барьерные острова и эстуарии с доминированием волнового фактора.

1. Введение

Береговая абразия и наносимый ею впоследствии ущерб имуществу в прибрежных районах были кратко освещены в главе 26 первой «Оценки состояния Мирового океана» (United Nations, 2017а). Вместе с тем в этой главе лишь частично освещались более широкие причины, географическое распределение и воздействия береговой абразии и седиментации, последствия более активного использования структур защиты прибрежной зоны, воздействия береговой абразии на прибрежные экологические системы и возможности для моделирования и прогнозирования береговой абразии и седиментации.

В настоящей главе внимание уделяется вышеупомянутым пробелам, в особенности тенденциям и изменениям в закономерностях береговой абразии и седиментации в период 2010–2020 годов по сравнению с исходным состоянием, из-

ложенным в первой «Оценке» (United Nations, 2017с). К рассмотренным аспектам относятся изменение режима регулирования рек, которое влияет на приток наносов к побережью; добыча песка, дноуглубительные работы и утилизация материалов, извлеченных при дноуглубительных работах; изменения в прибрежной инфраструктуре, влияющие на процессы перемещения наносов в прибрежной зоне; береговая абразия и седиментация применительно к прибрежным и океаническим экологическим системам и социальной экономике (природные ресурсы или капитал, средства к существованию и благосостояние); хозяйственная практика в области предотвращения береговой абразии и седиментации; и совершенствование знаний и потенциала, которое способствовало оценке изменений в состоянии.

2. Изменения в состоянии береговой абразии и седиментации

Факторы, влияющие на береговую абразию и седиментацию, включают характеристики наносов в прибрежной зоне, обмена между сушей, побережьем и шельфом и геоморфологические реакции на воздействие океана. Человеческая деятельность может как существенно влиять на береговую абразию и седиментацию, так и подвергаться их воздействию (Harke and others, 2013; Angamuthu and others, 2018; Mentaschi and others, 2018).

Была проведена современная оценка изменения притока наносов в дельтах с использованием спутниковых изображений, в ходе которой рассматривались удерживание наносов в поймах или устьях рек (Nyberg and others, 2018), относительное распределение между шельфом и побережьем и подвижность речных наносов в сравнении с материалом, имеющимся на глинистых, песчаных или скалистых побережьях. К числу факторов, влияющих на меняющиеся в зависимости от географических условий реакции береговой линии на наличие наносов, относятся лежащие в основе геологические структуры, воздействие волн, приливная гидродинамика, эоловые процессы и ответные экоморфодинамические проявления, наблюдаемые на примере дюн и мангров (Moore and others, 2018).

Широко распространенное воздействие вследствие человеческой деятельности может наблюдаться, если вдольбереговые перемещения наносов нарушаются в результате сооружения структур в прибрежной зоне или добычи песка (Harke and others, 2013; International Council for the Exploration of the Sea, 2016). Кроме того, следует отметить, что к низинным прибрежным районам, которые, как установлено, чувствительны к прогнозируемому быстрому повышению уровня моря, относятся прибрежные водно-болотные угодья, барьерные побережья, дельты и малые острова (Nicholls and others, 1999).

До недавнего времени не проводилось достоверной глобальной оценки наличия песчаных пляжей или темпов морфологических изменений их береговой линии. Пользуясь возросшей доступностью спутниковых изображений, современны-

ми методами анализа при обработке изображений и вычислительными ресурсами, Лейендейк и др. (Luijendijk and others, 2018a) представили современную глобальную оценку наличия и изменения песчаных береговых линий, проведенную с помощью полностью автоматизированного анализа спутниковых изображений за 33 года (1984–2016 годы). Проведенный ими анализ показал, что 31 процент свободной от льда береговой линии во всем мире является песчаным, причем наибольшее количество песчаных пляжей отмечено в Африке (66 процентов), хотя характер и характеристики этих пляжей, изученных в ходе исследования, существенно различаются.

2.1. Изменения в побудителях

Человеческие цивилизации зародились и процветали в поймах рек и в береговых районах дельт крупных рек мира, где в настоящее время проживает около 2,7 миллиарда человек (Best, 2019). Быстрый рост спроса на воду, продовольствие, землю и энергию привел к таким разновидностям человеческого вмешательства, как строительство крупных плотин, вырубка лесов, расширение интенсивного сельского хозяйства, урбанизация, строительство инфраструктуры и добыча песка. Такая человеческая деятельность подвергает данные системы огромному стрессу, приводя к крупномасштабным и необратимым изменениям.

По данным Международной комиссии по крупным плотинам (International Commission on Large Dams, 2018), в мире насчитывается 59 071 плотина высотой более 15 м и соответствующих водохранилищ объемом более 3 млн м³. Наибольшая концентрация плотин гидроэлектростанций наблюдается в Южной Америке, Южной Азии и Северной Европе. Самые крупные плотины, в том числе те, которые уже построены, находятся в стадии строительства или планируются к строительству, расположены в бассейне реки Меконг, бассейне реки Амазонки и бассейне реки Конго (Kondolf and others, 2014; Warner and others, 2019).

Строительство плотин и водохранилищ может уменьшать приток наносов к побережью в разной степени (Slagel and Griggs, 2008), иногда более чем на 50 процентов (Besset and others,

2019), что вызывает абразию дельт и прилегающих берегов. Ожидается, что в XXI веке показатели сокращения притока наносов к побережью существенно возрастут (Dunn and others, 2018), на 50–100 процентов (Kondolf and others, 2014; Besset and others, 2019). Например, строительство двух мегаплотин (Янтань и Лунтань) на реке Чжуцзян в Китае сократило за период 1992–2013 годов приток речных наносов к побережью на 70 процентов (Ranasinghe and others, 2019). Кондольф и др. (Kondolf and others, 2014) установили, что на реке Меконг и ее притоках были построены, находятся в стадии строительства или планируются к строительству 140 плотин. В «определенном будущем», если 38 плотин, которые планируются к строительству или находятся в стадии строительства, действительно будут построены, совокупное сокращение притока наносов к дельте реки Меконг составит 51 процент, а если все плотины, которые планируются к строительству или находятся в стадии строительства, будут построены, совокупное сокращение притока наносов к дельте реки Меконг составит 96 процентов. Это нанесет серьезный ущерб мангровым системам и, как следствие, приведет к абразии побережья и необратимым изменениям в окружающей экосистеме. Вместе с тем в государствах прилагаются значительные усилия по демонтажу крупных плотин, таких как плотина на реке Элве в штате Вашингтон, Соединенные Штаты (Warrick and others, 2015).

Песок, добываемый из рек, с пляжей и прибрежного морского дна, используется для приращивания суши, восстановления пляжей и в промышленных целях (Bendixen and others, 2019). В результате этого удаляется значительное количество песка, который в противном случае переносился бы вдоль берега, и, следовательно, наблюдается дефицит наносов в прибрежной зоне (Montoi and others, 2017) и изменяется морфология прибрежной зоны (International Council for the Exploration of the Sea, 2016; Abam and Oba, 2018). В настоящее время во многих странах добыча песка на прибрежных пляжах и морском дне является распространенной практикой, хотя иногда и незаконной. Известно, что в целом добыча песка ведется в 73 странах на 5 континентах, хотя достоверных количественных данных об этой деятельности во всем мире не имеется (Peduzzi, 2014; Jayappa and Deepika, 2018).

2.2. Изменения в нагрузке

Рост экономики и численности населения, как правило, ведет к более активной эксплуатации человеком прибрежной зоны, которая осложняется социально-экономическими издержками, связанными с управлением прибрежными районами, и негативными последствиями для услуг прибрежных экосистем. Баланс между этими нагрузками обычно нарушается в результате юрисдикционных или экономических различий, причем выгоды и последствия нередко разделены географически (например, аккреция в верхнем бассейне и абразия в нижнем бассейне затрагивают разные сообщества) или наблюдаются в разных временных масштабах (например, строительство волноотбойной стены может отсрочить воздействие абразии на целое поколение, но может фактически поставить сообщество перед необходимостью последующего строительства дополнительных или более крупных сооружений).

Долгосрочные изменения в абразии и седиментации могут превысить возможности прибрежных систем для адаптации. В случае природных систем такие изменения могут привести к утрате экосистемных услуг (Xu and others, 2019). Человеческая деятельность может не учитывать прибрежную динамику, например инфраструктуру, которая может пострадать или утратить свою функцию в результате изменения береговой линии или положения морского дна. Признание необходимости реагирования на абразию или седиментацию, как правило, зависит от характера человеческой деятельности в прибрежной зоне:

- a) портовые сооружения, включая акваторию гавани и судоходные подходные каналы, обычно простираются на большую часть активной прибрежной зоны, и для поддержания функционирования порта часто требуется регулировать процессы седиментации в прибрежной зоне путем использования волноломов и проведения дноуглубительных работ (см. также гл. 14);
- b) с 1950-х годов наблюдается значительный рост городов вдоль побережий: число прибрежных городов с населением более 100 000 человек увеличилось с 472 в 1950 году до 2129 в 2012 году (Barragán and Andrés, 2015; см. также гл. 14);

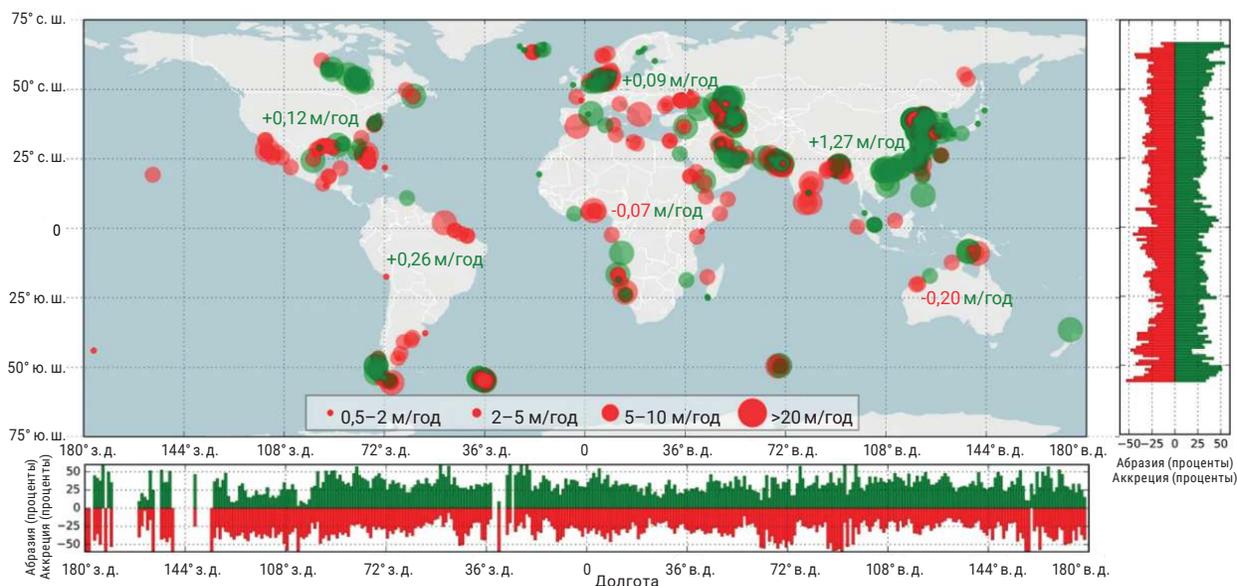
- c) меры в области управления прибрежными районами существенно варьируются в зависимости от экономики, законодательства и социальных ценностей и в широком плане классифицируются как стратегии защиты, аккомодации, управляемого отступления и оставления в бесхозном состоянии (Williams and others, 2018);
- d) чувствительность сельских районов к абразии и седиментации обычно определяется воздействиями на дренажные и противопаводковые сооружения (Hou and others, 2016); поскольку они обычно расположены в надприливной зоне, их чувствительность к изменениям в прибрежной зоне не всегда очевидна.

2.3. Изменения в состоянии

Бессет и др. (Besset and others, 2019) исследовали изменения в прибрежной зоне 54 отобранных дельт по всему миру за 30 лет, опираясь на литературу и анализ спутниковых изображе-

ний. Они обнаружили, что в общей сложности 29 дельт отступают, 18 береговых линий наступают, а 7 не проявляют существенных изменений. Лёйендейк и др. (Luijendijk and others, 2018a), используя изображения Landsat и контролируемые алгоритмы классификации для определения береговой линии, установили, что в период с 1984 по 2016 год 24 процента песчаных пляжей мира отступали со скоростью более 0,5 м в год, в то время как 28 процентов наступали, а 48 процентов были стабильны. Они установили также, что около 4 процентов песчаных пляжей мира отступают со скоростью более 5 м в год, в то время как около 2 процентов песчаных береговых линий мира отступают со скоростью более 10 м в год (см. рисунок ниже). Континентальная Австралия и Африка испытывают чистую абразию (0,20 м/год и, соответственно, 0,07 м/год), в то время как на всех других континентах, как представляется, наблюдается чистая аккумуляция. Во всем мире за период с 1984 по 2016 год 8 процентов песчаных пляжей прирастали со скоростью 3 м в год, 6 процентов — со скоростью 5 м в

Глобальные очаги пляжной абразии и аккумуляции



Источник: Luijendijk and others, 2018a, перепечатано по лицензии «Криэйтив коммонз» (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

Примечания. Красными кружками изображена береговая абразия; зелеными — береговая аккумуляция; размер кружков соответствует одному из четырех диапазонов динамики этих процессов (см. легенду). Врезка справа показывает относительную частотность абразии или аккумуляции песчаных побережий на градус широты; врезка снизу — то же на градус долготы. Цифрами на основной карте указана скорость изменения всех песчаных побережий в среднем по континенту.

год и 3 процента – со скоростью 10 м в год. Азия является континентом с наиболее высокими темпами наступления (1,27 м/год), что объясняется, вероятно, масштабным приращением суши в последние несколько десятилетий. Кроме того, относительно высокие темпы абразии наблюдаются на широтах чуть южнее экватора, что связано с крупномасштабной утратой земель, прилегающих к устью реки Амазонки.

В результате изменения климата, особенно в связи с прогнозируемым повышением уровня моря и увеличением частоты и силы блуждающих волн, изменения в закономерностях береговой абразии и седиментации, вероятно, будут наблюдаться во всем мире, о чем свидетельствует несколько проектов по моделированию будущего изменения береговых линий в местном, региональном и глобальном масштабах (Anderson and others, 2015; Antolínez and others, 2019; Castelle and others, 2014; Long and Plant, 2012; Ranasinghe and others, 2012; Splinter and others, 2014; Vitousek and others, 2017; Dastgheib and others, 2019; Vamunawala and others, 2020; Athanasiou and others, 2020; Voudoukas and others, 2020). Недавние наблюдения также указывают на ускорение абразии прибрежных скал (Hurst and others, 2016; Sunamura, 2015; Castedo and others, 2017).

2.4. Изменения в воздействии

Береговая абразия и изменения в седиментации представляют серьезную опасность для прибрежной инфраструктуры, имущества, экономической деятельности и экологических систем, а адаптация требует значительных инвестиций. Наблюдается тенденция к увеличению ущерба от береговой абразии в конкретных местах, что серьезно сказывается на социально-экономической деятельности и имуществе в прибрежной зоне (Gopalakrishnan and others, 2016; Nguyen and others, 2018; Stronkhorst and others, 2018). Прогноз риска и ущерба, связанных с береговой абразией и изменениями в седиментации, показывает, что в будущем они, вероятно, будут увеличиваться (Dunn and others, 2019).

Воздействие береговой абразии и изменений в седиментации на экосистемы может быть существенным, особенно если происходит переход от долгосрочной аккреции к абразии. Большой опасности подвергаются прибрежные водно-болотные угодья, поскольку многие из них возник-

ли во время относительного стабильного среднего уровня моря в конце голоцена (Jones and others, 2019) и могут не успевать за повышением уровня моря в будущем (Myers and others, 2019). К другим геоморфологическим элементам, чувствительным к изменениям в закономерностях абразии и седиментации, относятся мангровые берега, барьерные побережья и малые острова. Существует высокий риск нарушения экологического равновесия организмов, которые используют прибрежную зону исключительно для гнездования или выведения потомства, причем увеличение площади береговых линий, занятых и измененных человеком, также снижает общую биопродуктивность прибрежной зоны (Rangel-Buitrago and others, 2018b).

Основные социально-экономические воздействия будут отмечаться в районах, где, помимо абразии, наблюдается также высокая плотность населения. Было выявлено, что имеются проблемы в районах, прилегающих к дельтам рек Ганг, Меконг, Хуанхэ, Янцзы, Вольта и Миссисипи. Что касается других участков побережья, то управление рисками абразии с помощью инженерных решений требует долгосрочных обязательств по эксплуатационному обслуживанию, включая расходы на модернизацию защитных сооружений в прибрежной зоне, и может негативно повлиять на безопасность людей и средства к существованию в том случае, если защитные сооружения придут в упадок.

Локальное повышение уровня моря и штормливости существенно варьируются от региона к региону. Долгосрочные спутниковые данные свидетельствуют о том, что высота волн во всем мире в целом увеличилась (Young and Ribal, 2019), однако сообщается о больших региональных различиях, от крупных изменений в Южном океане до незначительных последствий в Северном море (De Winter and others, 2012). Эти пространственные различия, вероятно, приведут к региональным различиям в абразии и седиментации (Brown and others, 2016).

2.5. Изменения в реакции

Методы управления береговой абразией и седиментацией все больше совершенствовались от почти полного реагирования на внешние изменения до признания необходимости обеспечения устойчивости прибрежных районов с использо-

ванием адаптивного управления и оценки побережья в более целостной и долгосрочной перспективе (Rangel-Buitrago and others, 2018b).

За увеличением числа более крупных исследований в прибрежной зоне, первоначальным шагом на пути перехода от стабилизации на местном уровне к региональной оценке абразии и аккумуляции, последовало признание того, что условия могут быть изменчивыми, что может привести к сложным взаимодействиям между седиментационными элементами прибрежной зоны (French and others, 2016; Psuty and others, 2018). Взаимосвязи между притоком наносов к побережью и их перемещением были продемонстрированы в крупных масштабах, могут наблюдаться на протяжении сотен километров и, вероятно, будут еще более осложняться потенциальными воздействиями прогнозируемого повышения уровня моря и других колебаний, вызванных изменением климата (Harke and others, 2013). Таким образом, изменение модальных условий может привести к значительной неопределенности в будущем изменения в прибрежной зоне, что приведет к увеличению потребности в планировании устойчивости прибрежных районов с использованием адаптивного дизайна (Wright and Thom, 2019).

Понимание крупномасштабных прибрежных систем привело, в частности, к изменениям в при-

кладных масштабах восстановления пляжей, примером которых служит концепция «Песчаный двигатель»; согласно этой концепции наносы помещаются как на берегу, так и у берега, а затем в результате естественной гидродинамики перераспределяются вдоль берега в течение длительного периода времени (Stive and others, 2013; De Schipper and others, 2016; Luijendijk and others, 2018b).

Последние разработки в области стратегий защиты прибрежной зоны предусматривают дополнение инженерно-технических подходов «более мягкими» или «более зелеными» методами стабилизации прибрежной зоны, которые направлены как на увеличение сопутствующих экологических выгод, так и на использование устойчивости природных систем, например адаптационной способности прибрежных дюн или самовосстановления прибрежных водно-болотных угодий и мангровых лесов после вмешательства (Narayan and others, 2016; Reguero and others, 2018).

Наметилась также тенденция к использованию вероятностного анализа вместо традиционных детерминированных подходов, при котором учитывается неопределенность, связанная с последствиями изменения климата, в целях облегчения принятия решений с учетом рисков (Wainwright and others, 2014; Jongejan and others, 2016).

3. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия

Береговая абразия и изменения в седиментации по-прежнему представляют серьезную угрозу для средств к существованию и благосостояния домохозяйств, зависящих от прибрежных ресурсов, наносят ущерб экосистемам и вызывают экологический стресс. Близость человеческих и экологических систем и риски, создаваемые ускоренной абразией и изменениями в седиментации, очевидны во многих регионах мира (Jones and others, 2019). Кроме того, абразия и изменения в седиментации имеют физические и химические последствия для качества воды и

здоровья хрупких водных экологических систем (Prosser and others, 2018).

Береговая абразия и изменения в седиментации могут иметь серьезные последствия для достижения комплекса глобальных приоритетов и целей, установленных в рамках Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, особенно целей 14 и 15 в области устойчивого развития¹. Эти процессы могут нанести ущерб прибрежной инфраструктуре и среде обитания и увеличить риски для прибрежных сообществ, вынуждая их адаптироваться и/или перераспределять ресурсы.

¹ См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)

4.1. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)

Побережья северной части Атлантического океана, Средиземного моря и прилегающих морей густо заселены и очень хорошо развиты (Collet and Engelbert, 2013; Zhang and Leatherman, 2011; European Union, 2013; Neumann and others, 2015). К районам, весьма чувствительным к изменениям в прибрежной зоне, относятся в значительной степени приращенное побережье Нидерландов, понижающееся венецианское побережье и барьерные острова вдоль восточного побережья Соединенных Штатов, а также побережья Мексиканского залива. Высокая экономическая ценность внутренних районов и прибрежной зоны становится причиной низкого порога чувствительности к абразии, и вмешательство человека является обычным явлением. Наиболее распространенным видом вмешательства на восточном побережье и побережьях Мексиканского залива является восстановление пляжей. Широко распространена абразия вдоль побережья Мексиканского залива, связанная со значительным уменьшением наносов с реки Миссисипи (Blum, 2009; Thorne and others, 2008). Выявлено также существенное уменьшение притока речных наносов в крупных европейских системах рек, впадающих в Средиземное море и поддерживающих продуктивные водно-болотные угодья.

4.2. Южная часть Атлантического океана и Большой Карибский район

В южной части Атлантического океана и Большом Карибском районе имеются густонаселенные прибрежные города, такие как Жуан-Песоа, Бразилия², и важные прибрежные экологические системы, такие как мангровые леса Амазонки, а также малонаселенные прибрежные районы, такие как побережья многих государств Юго-Восточной Африки и южное побережье Аргентины (Zhang and Leatherman, 2011; United Na-

tions Educational, Scientific and Cultural Organization, 2009; Neumann and others, 2015). Приток наносов, переносимых реками, ограничивается районами, расположенными вблизи крупных бассейнов, таких как реки Амазонка и Ла-Плата. Сокращение притока наносов к побережьям в результате строительства плотин в верховьях рек и добычи песка с пляжа вызвало сильную береговую абразию в различных районах, таких как побережье Ганы и многие другие районы на юго-западном побережье Африки и восточном побережье Южной Америки. На местном уровне многие прибрежные сектора использовали и до сих пор предпочитают использовать для борьбы с абразией жесткие конструкции, которые во многих случаях усугубляли проблему, как, например, в Колумбии (Rangel-Buitrago and others, 2018b) и Бразилии (Bonetti and others, 2018).

4.3. Индийский океан, Аравийское море, Бенгальский залив, Красное море, Аденский залив и Персидский залив

К побережьям Индийского океана относятся восточное побережье Африки, южные побережья Ближнего Востока, Южной Азии, Индонезийского архипелага, западное побережье Австралии и острова Индийского океана, включая Мадагаскар и Шри-Ланку. К числу дельт крупных рек относятся дельты рек Ганг, Инд, Иравади, Чаупхрая, Шатт-эль-Араб, Замбези и Лимпопо, многие из которых отличаются высокой динамичностью и примыкают к районам с высокой плотностью населения (Neumann and others, 2015). В Африке, Австралии и на Ближнем Востоке преобладают засушливые песчаные побережья с барьерными лагунами, эстуарии и, в некоторых районах, обширные побережья с мокрыми солончаками, характерными для позднего голоцена, когда наблюдался высокий уровень моря, которые ограничивают приток речных наносов к побережью. На западном и южном побережьях Персидского залива, в частности вдоль побережья Объединенных Арабских Эмиратов, были реализованы крупные проекты в области береговой инже-

² См. www.ibge.gov.br/en/cities-and-states/pb/joao-pessoa.html.

нерии, включая строительство искусственных островов путем проведения дноуглубительных работ и приращения суши (Peduzzi, 2014).

4.4. Северная часть Тихого океана

К побережьям северной части Тихого океана относятся западное побережье Северной Америки, восточное побережье Азии и острова северной части Тихого океана, включающие Филиппины, Японию и Гавайи, Соединенные Штаты. Районы с высокой плотностью населения находятся на восточном побережье Азии и западном побережье Соединенных Штатов, и в них наблюдаются также значительные береговые проекты и сокращение притока наносов из крупных речных систем, образуемых реками Чжуцзян, Хуанхэ и Хонгха и реками, текущими к западному побережью Соединенных Штатов (Neumann and others, 2015). Например, на западном побережье Соединенных Штатов береговая абразия вызвана уменьшением притока речных наносов, сооружением структур в прибрежной зоне, изменением климата и климатическими отклонениями, такими как явление Эль-Ниньо (Barnard and others, 2017; Harper and others, 2009; Patsch and Griggs, 2007; Allan and Komar, 2006). Острова северной части Тихого океана весьма чувствительны к потенциальным изменениям в прибрежной зоне и воздействию суровых явлений, включая тайфуны и цунами. Кроме того, обезлесение приводит к увеличению притока к побережью речных наносов, связанных с рекой Флай, Папуа – Новая Гвинея.

4.5. Южная часть Тихого океана

К побережьям южной части Тихого океана относятся восточное побережье Австралии, западное побережье Южной Америки и побережья тихоокеанских островов, в том числе Новой Зеландии, Новой Каледонии и многочисленных островных государств и государств-архипелагов с различной численностью населения (United Nations, 2017b). Континентальные побережья имеют характерную геологическую структуру и отличаются относительно небольшими объемами речных наносов, переносимых в океан, в результате чего побережья характеризуются обособленностью, время от времени преодолеваемой благодаря перемещению наносов вдоль шельфа (Thom and others, 2018). Таким образом, изменения в отно-

сительном притоке наносов наиболее очевидны в случае региональных стоков и источников наносов в прибрежной зоне, и эстуарии, барьерные побережья и прибрежные водно-болотные угодья могут оказаться уязвимыми к повышению уровня моря. Последствия изменений в прибрежной зоне, выявленные во всей южной части Тихого океана, как правило, являются эпизодическими и связаны с экстремальными штормами и тропическими циклонами, причем нагрузка становится более заметной в периоды повышения среднего уровня моря.

Побережья тихоокеанских островов представляют собой, в частности, вулканические массивы, подводные горы, приподнятые известняковые и коралловые атоллы. Отложение наносов происходит медленно, что ограничивает возможности адаптации прибрежной зоны к прогнозируемому повышению уровня моря (Nunn and others, 2015), особенно низинных приращенных участков суши.

4.6. Северный Ледовитый и Южный океаны

В условиях изменения климата с повышением температуры воздуха, уменьшением площади ледяного покрова и усилением воздействия волн из-за возможного повышения интенсивности штормов и штормовых приливов и увеличения площади водной поверхности побережья Северного Ледовитого океана, находящиеся в зоне вечной мерзлоты, в настоящее время подвергаются сильной абразии (Bull and others, 2019; Gibbs and Richmond, 2017; Tanski and others, 2016; Frederick and others, 2016; Fritz and others, 2015). Скорость абразии арктического побережья Соединенных Штатов в период с 1950-х годов до настоящего времени удвоилась и, по-видимому, увеличивается все быстрее; в частности, в море Бофорта на Аляске береговая линия отступает со скоростью более 30 м в год (Frederick and others, 2016; Wobus and others, 2011). Выброс органического углерода в Северный Ледовитый океан в результате береговой абразии может усилить глобальное потепление (Tanski and others, 2016). Ледниковый щит в Антарктиде также стремительно тает (Rignot and others, 2019; Gardner and others, 2018; Li and others, 2016).

5. Перспективы

Человеческая деятельность, влияющая на распространённость береговой абразии и седиментации, включает значительный рост числа и размеров плотин на основных водных путях, изменения в землепользовании, приводящие к обезлесению бассейнов, и более активную эксплуатацию человеком прибрежной зоны, сопровождающуюся увеличением числа прибрежных сооружений (Rangel-Buitrago and others, 2018a, 2018c). Оценка глобальных изменений в прибрежной зоне не является достаточно совершенной, чтобы определить, насколько изменения в долгосрочных тенденциях обусловлены деятельностью человека. Вместе с тем выявленные районы активного смещения береговой линии, вызванного главным образом береговой абразией и аккрецией, являются районами, тесно связанными с деятельностью человека, и в них, по оценкам, на протяжении 33 лет наблюдается тенденция смещения береговой линии более чем на 5 м в год в случае примерно 4 процентов побережий мира (Luijendijk and others, 2018a). При сравнении с тем, что известно о предыдущих условиях, обнаруживается, что в большинстве дельт наблюдается сильная береговая абразия, обусловленная значительным уменьшением объёма речных наносов в период 1970–2014 годов (Besset and others, 2019). Ожидается, что общее сокращение притока речных наносов к побере-

жью приведет к снижению устойчивости прилегающих побережий нижнего бассейна, а на некоторых участках побережья — к обращению вспять долгосрочных аккреционных тенденций, в результате чего повысится спрос на работы по управлению прибрежными районами и снизится эффективность проводимых в настоящее время работ, особенно тех, которые направлены на перераспределение притока наносов. Кроме того, эта ситуация приведет к тому, что будет проводиться больше работ на берегу, которые исторически становились все более распространенными вследствие роста численности населения в прибрежных районах и, соответственно, низкого порога чувствительности к изменениям в прибрежной зоне. Как показал мониторинг береговой линии, более активное управление прибрежной динамикой и строгое регулирование разрешений на добычу песка создают возможности для существенного долгосрочного изменения наблюдающихся на побережье тенденций, включая как аккрецию, так и абразию (Williams and others, 2018; Bergillos and others, 2019). С повышением уровня моря и увеличением частоты и интенсивности экстремальных климатических явлений вследствие изменения климата береговая абразия будет представлять более серьезную проблему для островов, на которых нет речных наносов.

6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала

В настоящее время накоплены значительные знания о взаимодействии между прибрежными динамическими процессами и перемещением наносов. Вместе с тем точность моделей перемещения наносов и береговой абразии и/или седиментации все еще ограничена, поэтому необходимы дополнительные исследования. Кроме того, необходима дополнительная информация о масштабах береговой абразии для определения надлежащих стратегий управления береговой абразией и седиментацией, включая регулирование притока речных наносов и другие стратегии управления, такие как защита, аккомодация и отступление.

Несмотря на достижение существенного прогресса в области наборов данных, особенно благодаря использованию спутниковых изображений (Besset and others, 2019; Luijendijk and others, 2018a; Shirzaei and Bürgmann, 2018), во многих регионах, особенно в развивающихся государствах, имеющиеся данные остаются недостаточно совершенными для принятия решений на местном и региональном уровнях, и значительная часть наборов данных требует существенной дальнейшей интерпретации и более высокого пространственного разрешения во всем мире. Необходимо улучшить понимание того, как установить побуждающие процессы и опре-

делить реакции, и того, как эти процессы изменятся с повышением уровня моря и изменением климата. Кроме того, количественные показатели абразии или седиментации необходимо рассматривать в контексте пороговых значений для прибрежных экосистем или морфологических систем. Интерпретация последствий как измене-

ния притока речных наносов, так и применения стратегий защиты прибрежных районов требует более глубокого понимания пространственных аспектов, связанных с перераспределением поступающих наносов вдоль берега, особенно в ситуациях, когда при этом пересекаются международные границы.

Справочная литература

- Abam, T.K.S., and Tamunotonye Oba (2018). Recent case studies of sand mining, utilization and environmental impacts in the Niger delta. *Journal of Environmental Geology*, vol. 2, No. 2.
- Allan, J.C., and P.D. Komar (2006). Climate Controls on US West Coast Erosion Processes. *Journal of Coastal Research*, vol. 22, No. 3, pp. 511–529. <http://doi.org/10.2112/03-0108.1>.
- Anderson, Tiffany R., and others (2015). Doubling of coastal erosion under rising sea level by mid-century in Hawaii. *Natural Hazards*, vol. 78, No. 1, pp. 75–103.
- Angamuthu, Balaji, and others (2018). Impacts of natural and human drivers on the multi-decadal morphological evolution of tidally-influenced deltas. *Proceedings of the Royal Society A*, vol. 474, No. 2219, 20180396.
- Antolínez, José A.A., and others (2019). Predicting climate driven coastlines with a simple and efficient multi-scale model. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. <https://doi.org/10.1029/2018JF004790>.
- Athanasiou, Panagiotis, and others (2020). Uncertainties in projections of sandy beach erosion due to sea level rise: an analysis at the European scale. *Scientific Reports*, vol. 10, art. 11895.
- Bamunawala, Janaka, and others (2020). A Holistic Modeling Approach to Project the Evolution of Inlet-Interrupted Coastlines Over the 21st Century. *Frontiers in Marine Science*, <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00542>.
- Barnard, Patrick L., and others (2017). Extreme oceanographic forcing and coastal response due to the 2015–2016 El Niño. *Nature Communications*, vol. 8, art. 14365.
- Barragán, Juan Manuel, and María de Andrés (2015). Analysis and trends of the world's coastal cities and agglomerations. *Ocean & Coastal Management*, vol. 114, pp. 11–20.
- Bendixen, Mette, and others (2019). *Time Is Running out for Sand*. Nature Publishing Group.
- Bergillos, R., and others (2019). Management of Coastal Erosion Under Climate Change Through Wave Farms. In *Ocean Energy and Coastal Protection*, ed. 1, pp. 59–73. New York: Springer International Publishing.
- Besset, Manon, and others (2019). Multi-decadal variations in delta shorelines and their relationship to river sediment supply: an assessment and review. *Earth-Science Reviews*.
- Best, Jim (2019). Anthropogenic stresses on the world's big rivers. *Nature Geoscience*, vol. 12, No. 1, pp. 7–21.
- Blum, M.D., and H. Roberts (2009). Drowning of the Mississippi Delta due to Insufficient Sediment Supply and Global Sea-Level Rise. *Nature Geoscience*, vol. 2, No. 7, pp. 488–491. <http://doi.org/10.1038/ngeo553>.
- Bonetti, J., and others (2018). Geoindicator-based assessment of Santa Catarina (Brazil) sandy beaches susceptibility to erosion. *Ocean & Coastal Management*, vol. 156, pp. 198–208.
- Brown, Sally, and others (2016). Spatial variations of sea-level rise and impacts: An application of DIVA. *Climatic Change*, vol. 134, No. 3, pp. 403–416.
- Bull, D.L., and others (2019). Development of a Tightly Coupled Multi-Physics Numerical Model for an Event-Based Understanding of Arctic Coastal Erosion. AGU FM, 2019, pp. C12B-04.
- Castedo, R., and others (2017). The Modelling of Coastal Cliffs and Future Trends. In *Hydro-Geomorphology Models and Trends*, Dericks P. Shukla, ed. Croatia: InTech, <http://doi.org/10.5772/intechopen.68445>.

Available at: www.intechopen.com/books/hydro-geomorphology-models-and-trends/the-modelling-of-coastal-cliffs-and-future-trends.

- Castelle, Bruno, and others (2014). Equilibrium shoreline modelling of a high-energy meso-macrotidal multiple-barred beach. *Marine Geology*, vol. 347, pp. 85–94.
- Collet, C., and A. Engelbert (2013). Coastal regions: people living along the coastline, integration of NUTS 2010 and latest population grid. *Statistics in focus* 30, ISSN:2314-9647, Catalogue number: KS-SF-13-030-EN-N.
- Dastgheib, Ali, and others (2018). Regional Scale Risk-Informed Land-Use Planning Using Probabilistic Coastline Recession Modelling and Economical Optimisation: East Coast of Sri Lanka. *Journal of Marine Science Engineering*, vol. 6, No. 4, 120; <https://doi.org/10.3390/jmse6040120>.
- De Schipper, Matthieu A., and others (2016). Initial spreading of a mega feeder nourishment: Observations of the Sand Engine pilot project. *Coastal Engineering*, vol. 111, pp. 23–38.
- De Winter, Renske C., and others (2012). The effect of climate change on extreme waves in front of the Dutch coast. *Ocean Dynamics*, vol. 62, No. 8, pp. 1139–1152.
- Dunn, Frances E., and others (2018). Projections of historical and 21st century fluvial sediment delivery to the Ganges-Brahmaputra-Meghna, Mahanadi, and Volta deltas. *Science of the Total Environment*, vol. 642, pp. 105–116.
- _____ (2019). Projections of declining fluvial sediment delivery to major deltas worldwide in response to climate change and anthropogenic stress. *Environmental Research Letters*, vol. 14, No. 8, 084034.
- European Union (2013). ESaTDOR European Seas and Territorial Development, Opportunities and Risks. ANNEX 4 to the Scientific Report: Baltic Sea Regional Profile.
- Frederick, Jennifer M., and others (2016). The Arctic Coastal Erosion Problem. Sandia Report SAND2016-9762. Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico 87185 and Livermore, California 94550.
- French, Jon, and others (2016). Appropriate complexity for the prediction of coastal and estuarine geomorphic behaviour at decadal to centennial scales. *Geomorphology*, vol. 256, pp. 3–16.
- Fritz, M., and others (2015). Arctic coastal erosion and the transport of terrigenous material into the Arctic Ocean during the Holocene, XIX. INQUA-Congress, Nagoya, Japan, 26 July –2 August 2015.
- Gardner, Alex S., and others (2018). Increased West Antarctic and unchanged East Antarctic ice discharge over the last 7 years. *The Cryosphere*, vol. 12, pp. 521–547, <https://doi.org/10.5194/tc-12-521-2018>.
- Gibbs, A.E., and B.M. Richmond (2017). National assessment of shoreline change – Summary statistics for updated vector shorelines and associated shoreline change data for the north coast of Alaska, U.S.-Canadian border to Icy Cape: U.S. Geological Survey Open-File Report 2017–1107. <https://doi.org/10.3133/ofr20171107>.
- Gopalakrishnan, Sathya, and others (2016). Economics of coastal erosion and adaptation to sea level rise. *Annual Review of Resource Economics*, vol. 8, pp. 119–139.
- Hapke, Cheryl J., and others (2009). Rates and trends of coastal change in California and the regional behavior of the beach and cliff system. *Journal of Coastal Research*.
- Hapke, Cheryl J., and others (2013). Geomorphic and human influence on large-scale coastal change. *Geomorphology*, vol. 199, pp. 160–170.
- Hou, Xi Yong, and others (2016). Characteristics of coastline changes in mainland China since the early 1940s. *Science China Earth Sciences*, vol. 59, No. 9, pp. 1791–1802.
- Hurst, M.D., and others (2016). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, No. 47, pp. 13336–13341. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1613044113.
- International Council for the Exploration of the Sea (2016). Effects of extraction of marine sediments on the marine environment 2005–2011. Report (Scientific report). <https://archimer.ifremer.fr/doc/00326/43700>.

- International Commission on Large Dams (2018). www.icol-d-cigb.org.
- Jayappa, K.S., and B. Deepika (2018). Impacts of Coastal Erosion, Anthropogenic Activities and their Management on Tourism and Coastal Ecosystems: A Study with Reference to Karnataka Coast, India. In *Beach Management Tools – Concepts, Methodologies and Case Studies*, pp. 421–440. Springer.
- Jones, Miriam C., and others (2019). Rapid inundation of southern Florida coastline despite low relative sea-level rise rates during the late-Holocene. *Nature Communications*, vol. 10, No. 1, pp. 1–13.
- Jongejan, Ruben, and others (2016). Drawing the line on coastline recession risk. *Ocean & Coastal Management*, vol. 122, pp. 87–94.
- Kondolf, G.M., and others (2014). Dams on the Mekong: cumulative sediment starvation. *Water Resources Research*, vol. 50, No. 6, pp. 5158–5169.
- Li, Xin, and others (2016). Ice flow dynamics and mass loss of Totten Glacier, East Antarctica, from 1989 to 2015. *Geophysical Research Letters*, vol. 43, pp. 6366–6373. <https://doi.org/10.1002/2016GL069173>.
- Long, Joseph W., and Nathaniel G. Plant (2012). Extended Kalman Filter framework for forecasting shoreline evolution. *Geophysical Research Letters*, vol. 39, No. 13.
- Luijendijk, Arjen, and others (2018a). The state of the world’s beaches. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, p. 6641.
- Luijendijk, Arjen, and others (2018b). The initial morphological response of the Sand Engine: A process-based modelling study. *Coastal Engineering*, vol. 119, pp. 1–14.
- Mentaschi, Lorenzo, and others (2018). Global long-term observations of coastal erosion and accretion. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, art. 12876.
- Montoi, Jayawati, and others (2017). A Study on Tuaran River Channel Planform and the Effect of Sand Extraction on River Bed Sediments. *Transactions on Science and Technology*, vol. 4, No. 4, pp. 442–48.
- Moore, Laura J., and others (2018). The role of ecomorphodynamic feedbacks and landscape couplings in influencing the response of barriers to changing climate. In *Barrier Dynamics and Response to Changing Climate*, pp. 305–336. Springer.
- Myers, Monique R., and others (2019). A multidisciplinary coastal vulnerability assessment for local government focused on ecosystems, Santa Barbara area, California. *Ocean and Coastal Management*, vol. 182. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104921>.
- Narayan, Siddharth, and others (2016). The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature-based defences. *PLoS One*, vol. 11, No. 5, e0154735.
- Neumann, B., and others (2015). Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding: a global assessment. *PLoS One*, vol. 10, No. 6, e0131375. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131375>.
- Nguyen, A.T., and others (2018). Tourism and beach erosion: valuing the damage of beach erosion for tourism in the Hoi An World Heritage site, Vietnam. *Environment, Development and Sustainability* <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0126-y>.
- Nicholls, Robert J., and others (1999). Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change*, vol. 9, pp. S69–S87.
- Nunn, Patrick, and others (2015). Regional coastal susceptibility assessment for the Pacific Islands: Technical Report. Australian Government and Australian Aid, Canberra.
- Nyberg, Björn, and others (2018). The distribution of rivers to terrestrial sinks: implications for sediment routing systems. *Geomorphology*, vol. 316, pp. 1–23.
- Patsch, K., and G. Griggs (2007). Development of Sand Budgets for California’s Major Littoral Cells. Institute of Marine Sciences, University of California, Santa Cruz.
- Peduzzi, Pascal (2014). Sand, rarer than one thinks. *Environmental Development*, vol. 11, pp. 208–218.

- Prosser, Diann J., and others (2018). Impacts of coastal land use and shoreline armoring on estuarine ecosystems: an introduction to a special issue. *Estuaries and Coasts*, vol. 41, No. 1, pp. 2–18.
- Psuty, Norbert P., and others (2018). Responding to coastal change: creation of a regional approach to monitoring and management, northeastern region, USA. *Ocean & Coastal Management*, vol. 156, pp. 170–182.
- Ranasinghe, Roshanka, and others (2019). Disentangling the relative impacts of climate change and human activities on fluvial sediment supply to the coast by the world's large rivers: Pearl River Basin, China. *Scientific Reports*, vol. 9, No. 1, art. 9236.
- Ranasinghe, Roshanka, and others (2012). Estimating coastal recession due to sea level rise: beyond the Bruun rule. *Climatic Change*, vol. 110, pp. 561–574.
- Rangel-Buitrago, Nelson, and others (2018a). Preface to the special issue: Management strategies for coastal erosion processes. *Ocean & Coastal Management*, vol. 156, pp. 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.11.020>.
- Rangel-Buitrago, Nelson, and others (2018b). Risk Assessment to Extreme Wave Events: The Barranquilla–Cienaga, Caribbean of Colombia Case Study. In *Beach Management Tools – Concepts, Methodologies and Case Studies*, pp. 469–496. Springer.
- Rangel-Buitrago, Nelson, and others (2018c). How to make integrated coastal erosion management a reality. *Ocean & Coastal Management*, vol. 156, pp. 290–299.
- Reguero, Borja G., and others (2018). Comparing the cost effectiveness of nature-based and coastal adaptation: a case study from the Gulf Coast of the United States. *PLoS One*, vol. 13, No. 4, e0192132.
- Rignot, Eric, and others (2019). Four decades of Antarctic Ice Sheet mass balance from 1979–2017. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, No. 4, pp. 1095–1103. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1812883116.
- Shirzaei, M., and R. Bürgmann (2018). Global climate change and local land subsidence exacerbate inundation risk to the San Francisco Bay Area. *Science Advances*, vol. 4, No. 3, eaap9234. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aap9234>.
- Slagel Matthew J., and Gary B. Griggs (2008) Cumulative Losses of Sand to the California Coast by Dam Impoundment. *Journal of Coastal Research*, No. 243, pp. 571–584. <https://doi.org/10.2112/06-0640.1>.
- Splinter, Kristen D., and others (2014) A generalized equilibrium model for predicting daily to interannual shoreline response. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, vol. 119, No. 9, pp. 1936–1958.
- Stive, Marcel J.F., and others (2013). A new alternative to saving our beaches from sea-level rise: The Sand Engine. *Journal of Coastal Research*, vol. 29, No. 5, pp. 1001–1008.
- Stronkhorst, J., and others (2018). Regional coastal erosion assessment based on global open access data: a case study for Colombia. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 22, pp. 787–798. <https://doi.org/10.1007/s11852-018-0609-x>.
- Sunamura, T. (2015). Rocky coast processes: with special reference to the recession of soft rock cliffs. *Proceedings of the Japan Academy, Series B: Physical and Biological Sciences*, vol. 91, No. 9, pp. 481–500. <http://doi.org/10.2183/pjab.91.481>.
- Tanski, G., and others (2016). Erosion of ice-rich permafrost coasts and the release of dissolved organic carbon into the Arctic Ocean.
- Thom, Bruce G., and others (2018). National sediment compartment framework for Australian coastal management. *Ocean & Coastal Management*, vol. 154, pp. 103–120.
- Thorne, Colin R., and others (2008). Current and Historical Sediment Loads in the Lower Mississippi River. European Research Office of the U.S. Army, London, England under contract number 1106-EN-01, from School of Geography, University of Nottingham.
- United Nations (2017a). Chapter 26: Land-sea physical interaction. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

- _____ (2017b). Chapter 36D: South Pacific Ocean. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017c). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2009). *African Oceans and Coasts*. M. Odi-do M. and S. Mazzilli S., eds. IOC Information Document 1255. UNESCO Office Nairobi and Regional Bureau for Science in Africa.
- Vitousek, Sean, and others (2017). A model integrating longshore and cross-shore processes for predicting long-term shoreline response to climate change. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, vol. 122, No. 4, pp. 782–806.
- Vousdoukas, Michalis I., and others (2020). Sandy coastlines under threat of erosion. *Nature Climate Change*, vol. 10, pp. 260–263.
- Wainwright, David J., and others (2014). An argument for probabilistic coastal hazard assessment: Retrospective examination of practice in New South Wales, Australia. *Ocean & Coastal Management*, vol. 95, pp. 147–155.
- Warner, Jeroen, and others (2019). The Fantasy of the Grand Inga Hydroelectric Project on the River Congo. *Water*, vol. 11, No. 3, p. 407.
- Warrick, Jonathan A., and others (2015). Large-scale dam removal on the Elwha River, Washington, USA: source-to-sink sediment budget and synthesis. *Geomorphology*, vol. 246. <http://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.01.010>.
- Williams, A.T., and others (2018). The management of coastal erosion. *Ocean & Coastal Management*, vol. 156, pp. 4–20.
- Wobus, Cameron, and others (2011). Thermal Erosion of a Permafrost Coastline: Improving Process-Based Models Using Time-Lapse Photography. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, vol. 43, No. 3, pp. 474–484.
- Wright, Lynn Donelson, and Bruce G. Thom (2019). Promoting Resilience of Tomorrow's Impermanent Coasts. In *Tomorrow's Coasts: Complex and Impermanent*, Lynn Donelson Wright and C. Reid Nichols, eds., pp. 341–353. Springer.
- Xu, Weihua, and others (2019). Hidden loss of wetlands in China. *Current Biology*, vol. 29, No. 18, pp. 3065–3071.
- Young, Ian R., and Agustinus Ribal (2019). Multiplatform evaluation of global trends in wind speed and wave height. *Science*, vol. 364, No. 6440, pp. 548–552.
- Zhang, K., and S. Leatherman (2011). Barrier Island Population along the U.S. Atlantic and Gulf Coasts. *Journal of Coastal Research*, vol. 27, No. 2, pp. 356–363. <https://doi.org/10.2112/JCOAS TRES-D-10-00126.1>.

Глава 14

Изменения в прибрежной и морской инфраструктуре

Участники: Ка Тхань Ву (координатор и ведущий участник), Сэм Бентли, Аликс Виллемез, Робер Дапа, Лайонел Картер, Кэтрин Криз, Алан Симкок (соведущий участник) и Реджина Фолоруншо.

Ключевые тезисы

- Прибрежная и морская инфраструктура необходима для использования, эксплуатации и охраны прибрежных и морских природных ресурсов и окружающей среды в целях социально-экономического развития.
- В целом при правильном проектировании и строительстве развитие прибрежной инфраструктуры может быть устойчивым с экологической, а также экономической и социальной точек зрения, повысить устойчивость побережий и привести к устойчивому экономическому росту.
- Инфраструктура может влиять на природные системы и их использование и создавать нагрузки и конфликты или благоприятные условия.
- В период 2010–2020 годов наблюдалась тенденция к расширению строительства, ремонта или модернизации объектов морской и прибрежной инфраструктуры.
- Наиболее значительными изменениями являются приращение прибрежных и предбрежных районов, особенно в странах Восточной Азии, для строительства новых городских объектов в прибрежной зоне, дорог, защитных сооружений в прибрежной зоне, объектов в портах и гаванях, а также туристических объектов.
- В зависимости от обстоятельств прибрежная и морская инфраструктура может нанести существенный ущерб или уменьшить ущерб прибрежным и морским экосистемам.
- Новый подход к развитию прибрежной инфраструктуры, известный как «развитие голубой инфраструктуры», может обеспечить гармоничное сочетание защиты и освоения прибрежных зон, а также защиты экологии и среды обитания, тем самым снижая экологический ущерб.
- Развитие прибрежной и морской инфраструктуры в целом открывает новые возможности для жителей прибрежных районов и способствует их устойчивому социально-экономическому развитию.

1. Введение

1.1. Сфера охвата

Настоящая глава охватывает изменения в прибрежной и морской инфраструктуре за период 2010–2020 годов по сравнению с исходным состоянием, изложенным в первой «Оценке состояния Мирового океана» (United Nations, 2017).

1.2. Первая «Оценка состояния Мирового океана»

Главы 17–19, 26–28 и 30 первой «Оценки» охватывают прибрежную и морскую инфраструктуру, включая портовые сооружения для приема отходов, их функционирование и воздействия на локальную морскую среду во всем мире и их вклад в экономическую деятельность; пробелы в знаниях и формирование потенциала портов, включая совершенствование навыков обеспечения их функционирования; сооружения для приема отходов; изучение возможностей безопасной передислокации материалов,

извлеченных при дноуглубительных работах, в море; историю, развитие и современное состояние подводных коммуникационных и силовых кабелей; воздействия подводных коммуникационных и силовых кабелей на морскую среду; угрозу кабелям со стороны морской среды; формирование потенциала в области безопасной прокладки подводных кабелей и согласование любых противоречащих друг другу потребностей с другими сторонами; приращение суши, включая текущее состояние, тенденции и социально-экономические и экологические последствия; туризм и отдых и связанную с ними инфраструктуру, такую как дороги, порты, гавани и аэропорты, а также другие объекты прибрежной инфраструктуры; устойчивый туризм и формирование потенциала для управления туризмом; опреснение и связанные с ним объекты прибрежной инфраструктуры; океанические и прибрежные научно-исследовательские центры; и

воздействия прибрежной антропогенной среды на дикую природу. Увеличиваются финансовые инвестиции в стратегии адаптации и смягчения последствий в различных секторах, от страхования до защиты прибрежной зоны.

Из первой «Оценки» очевидно, что вопросы, касающиеся морской и прибрежной инфраструк-

туры, нуждаются в более систематическом рассмотрении. В настоящей главе будут заполнены пробелы и представлены дополнительные данные для оценки тенденций в морской и прибрежной инфраструктуре, в частности за период 2010–2020 годов.

2. Зафиксированные изменения в состоянии морской и прибрежной инфраструктуры

2.1. Изменения в приращении суши

Для приращения прибрежных и предбрежных районов, в результате которого участки океана трансформируются в сушу, используются различные способы, включая заполнение их извлеченными при дноуглубительных работах материалами или отходами из наземных источников и сооружение насыпей. Это часто происходит в прибрежных и островных городах с высокой плотностью застройки, нуждающихся в увеличении территории. Сенгупта и др. (Sengupta and others, 2018) рассмотрели процессы приращения суши с середины 1980-х годов по настоящее время в 16 прибрежных мегаполисах, используя спутниковые изображения тематического картографа Landsat. Общая площадь приращенных участков суши в 16 мегаполисах составляет 1249,8 км², в основном в Китае, где политика изменилась в 2018 году. Вместе с тем, исходя из текущих тенденций, в ближайшем будущем во всем мире следует ожидать увеличения площади приращенных участков.

2.2. Масштабы новых берегозащитных сооружений и масштабы оставленных берегозащитных сооружений

Общие стратегии адаптации к береговой абразии включают жесткую или мягкую защиту (для удержания или продвижения линии), аккомодацию, управляемое отступление и оставление в бесхозном состоянии (т. е. отсутствие активного вмешательства) (Williams and others, 2018).

Наиболее примитивный метод защиты прибрежной зоны, использование жестких конструкций, теперь представляет собой не просто защиту линии, но защиту поверхности и, помимо предот-

ращения штормовых нагонов волн и приливов, направлен на защиту тех участков песчаных пляжей, где наблюдается сокращение притока наносов к побережью. Типичные берегозащитные сооружения из жестких конструкций включают волноотбойные стены, откосы, волноломы различных типов, береговые и отдельные волнорезы и мысы, которые защищают пляжи от ударов волн или изменяют поле волнового движения у берега и связанные с ним процессы перемещения наносов в целях создания нового баланса наносов на побережье, способствующего седиментации, а не вызывающего абразию.

Неправильно спроектированные или ветшающие защитные сооружения в прибрежной зоне не могут надлежащим образом выполнять свою функцию и могут быть оставлены или отремонтированы. К причинам разрушения защитных сооружений в прибрежной зоне относятся повреждения, вызванные коррозией, опускание сооружений в результате ликвидации фундамента под действием волн, размывание основания, захлестывание волнами, воздействие волн на конструкции и повышение уровня моря из-за изменения климата. Очень трудно принять решение о демонтаже обветшавших защитных сооружений в прибрежной зоне, потому что они уже могут являться ценным местом обитания эндемичных видов, а последствия демонтажа трудно предсказать. Поэтому во многих случаях обветшавшие сооружения в прибрежной зоне просто оставляются.

Основанные на использовании природных механизмов решения для защиты прибрежных районов, включая искусственные водно-болотные угодья или соленые марши, восстановление пляжей, создание устричных рифов и восстанов-

ление и защиту мангровых зарослей, имеют то преимущество, что они могут расти по мере повышения уровня моря и расширять возможности для хранения CO₂ (Davis and others, 2015). Вместе с тем на побережьях, подвергнутых абразии из-за сокращения притока наносов, жесткие защитные сооружения в прибрежной зоне могут эффективно предотвращать стихийные бедствия и защищать окружающую среду и природные среды обитания, если использовать их в сочетании с естественными барьерами или природными системами, такими как мангровые заросли или коралловые рифы. Такие сооружения можно назвать «голубой инфраструктурой» (Kazmierczak and Carter, 2010; Edwards and others, 2013).

2.3. Масштабы освоения прибрежной зоны, в том числе в целях развития туризма: дороги, городские объекты, объекты туризма и отдыха, искусственные пляжи и другие сооружения, связанные с освоением прибрежной зоны

Освоение прибрежной зоны вдоль эстуариев и береговых линий привело к резкому увеличению численности населения в этих районах и сделало их привлекательными для различных отраслей, а также для непромышленной деятельности, такой как жилищное строительство, туризм и развитие рекреационной сферы. Многие прибрежные города в результате социально-экономической деятельности в течение нескольких лет трансформируются в мегаполисы (Blackburn and others, 2013).

Спрос на жилье на берегу моря во всем мире заставляет такие районы превращаться в густонаселенные города с дорожными сетями и бизнесом. Более обеспеченные слои населения, среди которых имеется спрос на прибрежный и морской туризм и отдых, также способствуют быстрому развитию городов, живущих за счет прибрежного туризма и отдыха, например на побережьях и островах Азиатско-Тихоокеанского региона. Прибрежный туризм также требует создания большого количества искусственных пляжей по всему миру, таких как пляж Вайкики на Гавайских островах, Соединенные Штаты, и пляжи в Сингапуре.

2.4. Стратегии адаптации для прибрежных сообществ, сталкивающихся с проблемой повышения уровня моря

Изменение климата и повышение уровня моря повысят опасность стихийных бедствий для прибрежных районов (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019). В рамках стратегий адаптации должны будут определяться риски и разрабатываться и внедряться хозяйственные подходы для снижения до приемлемого уровня рисков для отдельных лиц, сообществ, обществ и экологических систем на побережье и на море. Наряду с общими стратегиями адаптации, упомянутыми в разделе 2.2, аккомодация и защита требуют строительства или модернизации имеющейся инфраструктуры, во многих случаях в сочетании с восстановлением прибрежных мест обитания или экологических систем.

На модернизацию прибрежной инфраструктуры также влияют экономические факторы. Например, 5 из 10 крупнейших портов мира, наиболее подверженных опасности в случае повышения уровня моря, расположены на востоке и юго-востоке Соединенных Штатов. В то время как порты работают над преобразованием инфраструктуры в соответствии с более высокими стандартами, они должны найти правильный баланс между требованиями, связанными с прогнозируемым ростом международной торговли, и необходимостью учитывать проблемы, вызываемые как повышением уровня моря, так и более сильными и частыми экстремальными погодными явлениями.

2.5. Изменения в объектах портов, гаваней и пристаней и управлении ими, включая драгирование

По данным Конференции Организации Объединенных Наций по торговле и развитию (ЮНКТАД), контейнерные перевозки расширяются быстрыми темпами: в 2017 году они выросли на 6 процентов, или 42,3 млн двадцатифутовых эквивалентов (UNCTAD, 2018). Кроме того, обострилась конкуренция между портами, что предоставило судоходным компаниям возможности для совершенствования навыков управления и укрепления переговорных позиций и влияния.

Регионами с наибольшим грузооборотом контейнерных портов являются Азия (63 процента) и Северная и Южная Америка (16 процентов). Если судить по общему количеству тонн всех обработанных грузов, то из 10 крупнейших портов мира 8 находятся в Азии, в основном в Китае. Уровень прибыли в разных портах существенно варьируется, однако средние показатели по объемам позволяют предположить, что каждая тонна груза приносит лишь 4 долл. США (UNCTAD, 2018). Работники распределяются по традиционным категориям, которые еще не отражают технологических изменений в методах работы и наборе навыков. Хотя количество планируемых или строящихся новых крупных морских портов мало, было высказано предположение о том, что после 2020 года 80 процентов мировой торговли будет осуществляться через морские порты, для которых потребуются дополнительные сооружения. Кроме того, растет интерес к офшорным глубоководным портам, таким как Луизианский офшорный нефтяной порт.

В связи с увеличением во всем мире численности рыболовных флотов (Rousseau and others, 2019), в прошлом наблюдался рост числа рыболовецких портов, однако с учетом сокращения рыбных ресурсов Мирового океана эта тенденция, вероятно, не сохранится.

Мировой рынок прогулочного судоходства также находится на подъеме. В 2009 году общий объем поступлений в этой отрасли составил 18,12 млрд долл. США, увеличившись до 40 млрд долл. США в 2017 году; при этом в период с 2015 по 2017 год темпы роста составили 2 процента, а наибольшее увеличение было отмечено в Северной Америке и Азиатско-Тихоокеанском регионе (Value Market Research, 2017).

Масштабы драгирования в целях поддержания, обеспечения или увеличения судоходной глубины в существующих портах (регулярная эксплуатация, ремонт и расширение) или в недавно построенных портах, гаванях и пристанях увеличиваются в соответствии с темпами роста мировой экономики (International Association of Dredging Companies, 2018).

2.6. Изменения в подводных кабелях и подводных трубопроводах

После заметного сокращения объемов производства в период 2006–2010 годов с 2010 по 2018 год длина кабелей связи, проложенных во всех океанах, измеренная в км, увеличивалась в среднем более чем на 70 000 км в год. По состоянию на начало 2018 года в мире насчитывалось примерно 448 используемых подводных кабелей длиной более 1 000 000 км. Заметное увеличение наблюдалось в Океании и Юго-Восточной Азии. Кроме того, продолжали прокладываться кабели между странами Африки, а также от Африки до Азии, Европы и Южной Америки. До 2009 года только 16 африканских стран были подключены к системе подводных кабелей. В настоящее время неподключенной остается только одна прибрежная страна — Эритрея. На данный момент на период 2019–2021 годов предложено более 50 подводных проектов с общим объемом инвестиций около 7,2 млрд долл. США. Около 30 процентов ожидаемой прокладки будет приходиться на Тихий океан, за которым следуют Атлантический океан и Индийский океан (на них, по прогнозам, будет выделено примерно 21 процент и, соответственно, 17 процентов инвестиций, запланированных на ближайшие годы).

Появилась новая отрасль — демонтаж старых кабелей в целях сдачи на металлолом. За последние 10 лет было демонтировано примерно 62 000 км кабелей, и, по прогнозам, к концу 2020 года будут заключены контракты на демонтаж более 100 000 км кабелей.

Прокладка силовых кабелей для передачи электроэнергии продвигалась более скромными темпами. Вместе с тем большое количество силовых кабелей было проложено в связи с морскими ветряными электростанциями.

В глубоководных районах океана ниже глубины примерно 2000 метров случаи повреждения кабеля по-прежнему редки, поскольку антропогенное воздействие в них невелико. Например, в обширных районах за пределами национальной юрисдикции ежегодно регистрируется в среднем четыре случая обрыва кабеля, в то время как во всем мире насчитывается примерно 150–200 таких случаев. Вместе с тем глубоководная добыча

полезных ископаемых может представлять собой угрозу в будущем и является предметом переговоров, ведущихся между представителями кабельной промышленности и Международного органа по морскому дну (International Seabed Authority, 2018).

Как указывалось в первой «Оценке», нарушение морского дна в результате прокладки кабеля является временным, а естественное восстановление происходит в течение нескольких недель или лет, в зависимости от силы волн или течения и притока наносов (Kraus and Carter, 2018). Поскольку подводные оползни и наносы могут вызываться штормами, а также землетрясениями

и, потенциально, цунами, изменение климата может повысить опасность бедствий для телекоммуникационных кабелей, поскольку оно влияет на частоту и интенсивность штормов (Gavey and others, 2017). Новые исследования (Gutscher and others, 2019) показывают, что стихийные бедствия, которые слишком слабы, чтобы стать причиной обрыва кабеля, могут все же деформировать стекловолокно, вызывая обнаруживаемый сигнал, что расширяет возможность использования кабелей в качестве средств мониторинга окружающей среды и систем раннего оповещения о бедствиях.

3. Последствия изменений для человеческих сообществ, экономик и благополучия

Развитие или совершенствование прибрежной инфраструктуры, особенно «голубой инфраструктуры», может принести жителям прибрежных районов огромную пользу. Прибрежная и морская инфраструктура крайне важна для снижения риска бедствий, экономического развития и развития прибрежных и морских наук. Прибрежная инфраструктура поддерживает интермодальные связи с морскими перевозками и важнейшими глобальными цепями снабжения, обеспечивает доступ общественности к прибрежному отдыху, туризму и другим видам деятельности и способствует развитию. Защитные сооружения в прибрежной зоне могут помочь свести к минимуму ущерб, причиняемый, например, береговой абразией, наводнениями, высокими волнами и штормовыми нагонами волн. Гостиничная и рекреационная инфраструктура способствует туризму и отдыху и создает рабочие места. Новые возможности кабельной связи обеспечивают преимущества общения со всем миром, телемедицины и обучения для ранее изолированных сообществ и способствуют экономическому развитию, развитию науки об океане и осуществлению процессов управления.

Прибрежная инфраструктура играет важнейшую роль в достижении целей в области устойчивого развития¹ (Economist, 2019). Совершенствование прибрежной и морской инфраструктуры способствует, в частности, достижению целей 1, 2, 6, 8, 9, 10, 13 и 14. Что касается, в частности, цели 14, то прибрежная и морская инфраструктура может предоставить возможности для улучшения наблюдения за прибрежной и океанической средой, экологическими системами и биоразнообразием и их мониторинга и обследования в целях получения более качественных данных для более эффективного управления. Вместе с тем развитие прибрежной и морской инфраструктуры может нанести ущерб местам обитания и экологическим системам, включая их масштабы, структуры и функции. Тщательное планирование с помощью научно обоснованного морского пространственного планирования и функционального анализа и использование «голубой инфраструктуры» могут помочь уменьшить негативные последствия. Например, в Соединенных Штатах утвержденные на федеральном уровне программы управления прибрежными районами штатов должны учитывать интересы всех участвующих сторон, связанные со взаимодействием между океаном и прибрежной зоной.

¹ См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи. См. также <https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300>.

4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)

4.1. Северная часть Атлантического океана, Балтийское море, Черное море, Средиземное море и Северное море

4.1.1. Северная часть Атлантического океана

Побережья северной части Атлантического океана простираются до восточной части Канады, восточной части Соединенных Штатов, а также до западноевропейских и западноафриканских стран. Уровни экономического развития государств в этих регионах заметно различаются, равно как и уровни развития защитной и другой инфраструктуры в прибрежной зоне. В Канаде и Соединенных Штатах в качестве естественной защитной инфраструктуры используются прибрежные местообитания (Elkin, 2017). В Западной Европе в связи с ограниченной площадью суши для защиты прибрежных районов в прибрежной зоне создается защитная и другая морская инфраструктура. На северо-западе Африки существует множество взаимосвязанных проблем, включая сильную береговую абразию, наводнения, нищету и недостаточное развитие прибрежной инфраструктуры. В 2018 году Глобальный экологический фонд и Группа Всемирного банка профинансировали инвестиционный проект по повышению устойчивости прибрежных районов Западной Африки с бюджетом в 210 млн долл. США для содействия повышению устойчивости прибрежных сообществ в Бенине, Кот-д'Ивуаре, Мавритании, Сан-Томе и Принсипи, Сенегале и Того (World Bank, 2018).

4.1.2. Балтийское море

Общая протяженность береговой линии Балтийского моря составляет около 40 000 км; в Германии, Дании и Польше имеются обширные районы, подверженные наводнениям. Поэтому в целях улучшения адаптации к наводнениям прибрежная инфраструктура, например насыпи, нуждается в модернизации. Наблюдается также значительное развитие туристической инфраструктуры, портов, гаваней, пристаней, верфей, ветряных электростанций, солнечных электро-

станций, а также сетей подводных силовых кабелей и кабелей связи.

4.1.3. Черное море

Протяженность береговой линии Черного моря составляет 2042 км; на ней имеется 1228 пляжей, а общая площадь насчитывает 224 км². Некоторые прибрежные районы густо населены и при этом также популярны среди туристов, и в них расположено большое количество таких объектов, как гостиницы, курорты и пристани. Имеются также порты и гавани. Для смягчения последствий сильной береговой абразии и наводнений в прибрежной зоне были построены защитные сооружения.

4.1.4. Средиземное море

Средиземное море имеет 46 000 км береговой линии, граничащей с 22 странами. Поскольку это один из самых оживленных морских регионов мира, здесь расположено много важных портов. Густонаселенному средиземноморскому побережью также угрожает опасность абразии и наводнений, причем в будущем эта ситуация усугубится изменением климата и повышением уровня моря, и прибрежная инфраструктура будет нуждаться в модернизации.

4.1.5. Северное море

Прибрежные и низменные внутренние районы, граничащие с Северным морем, находятся под угрозой затопления. Как и в других районах, риск затопления побережья в будущем возрастет из-за повышения уровня моря и более интенсивных или частых штормов. Таким образом, для решения этой проблемы необходимо строительство новых, а также модернизация имеющихся защитных сооружений в прибрежной зоне.

4.2. Южная часть Атлантического океана и Большой Карибский район

Побережья южной части Атлантического океана и Большого Карибского района охватывают страны Южной Америки и Юго-Западной Африки. Побережья Юго-Западной Африки, как правило, на-

ходятся в естественном состоянии. Например, некоторые участки защищены прибрежными экологическими системами, такими как мангровые леса. Прибрежная инфраструктура в южной части Атлантического океана и в Большом Карибском районе включает защитные сооружения в прибрежной зоне, туристические объекты, порты и гавани, однако для адаптации к изменению климата необходимы строительство новых или модернизация имеющихся сооружений. В странах Карибского бассейна также наблюдаются ощутимые землетрясения и вулканическая активность. Для предотвращения бедствий и защиты от них прибрежных районов используется природная инфраструктура, и исследования (например, Powell and others, 2018) показали, что инвестиции в природную инфраструктуру в прибрежной зоне могут принести ощутимую пользу прибрежным сообществам, а также повысить экологическую устойчивость и сопротивляемость, однако для разработки передовой практики необходимы дополнительные исследования.

4.3. Индийский океан, Бенгальский залив, Аравийское море, Красное море, Аденский залив и Персидский залив

Индийский океан и Бенгальский залив охватывают многие развивающиеся страны Азии и Африки. Стихийные бедствия, представляющие опасность для побережий стран, граничащих с северной частью Индийского океана, включают штормовые нагоны волн, повышение уровня моря, землетрясения и цунами. Вместе с тем деградация окружающей среды и эксплуатация посредством неустойчивой экономической деятельности привели к снижению адаптационного потенциала прибрежных сообществ, вследствие чего требуются огромные инвестиции в адаптационную инфраструктуру и устойчивую экономику. Возможно, наиболее осуществимым способом продвижения вперед для прибрежных государств Индийского океана является восстановление деградировавших и нарушенных прибрежных мест обитания в целях создания прибрежной «голубой инфраструктуры».

Прибрежная и морская инфраструктура Аравийского моря, Красного моря, Аденского залива и Персидского залива в целом лучше развита, чем

такая инфраструктура в Индийском океане и Бенгальском заливе.

4.4. Северная часть Тихого океана

Как и в случае с побережьями северной части Атлантического океана, в развитых странах, таких как Канада, Республика Корея, Соединенные Штаты и Япония, имеется высококачественная прибрежная и морская инфраструктура, которая не только защищает побережья и снижает опасность бедствий, но и иногда способствует защите и сохранению прибрежной и океанической среды, мест обитания и биоразнообразия (Gillies and others, 2019). Для многих тихоокеанских прибрежных государств постоянно существует опасность сильных землетрясений и извержений вулканов. Вместе с тем прибрежная и морская инфраструктура в развивающихся странах региона не столь развита (Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia, 2018; Connell, 2018). Для исправления ситуации с недостаточно развитой прибрежной инфраструктурой в развивающихся странах Азии Азиатский банк развития приступил к реализации масштабного плана действий с предлагаемыми инвестициями в размере 5 млрд долл. США для сохранения здоровья океанов, включая развитие или совершенствование прибрежной инфраструктуры (Asian Development Bank, 2019).

4.5. Южная часть Тихого океана

К побережьям южной части Тихого океана относятся восточное побережье Австралии, западное побережье Южной Америки и побережья тихоокеанских островов, в том числе Папуа — Новая Гвинея, Новой Зеландии и Новой Каледонии. Прибрежная инфраструктура в этих странах в основном направлена на поддержку экономического развития, предотвращение ущерба от стихийных бедствий, особенно экстремальных штормов и повышения уровня моря, и адаптацию к изменению климата. Учитывается также возможность сильных землетрясений, цунами и извержений вулканов.

4.6. Северный Ледовитый океан и Южный океан

Вследствие низкой плотности населения этих регионов прибрежная и океаническая инфра-

структура менее развита, чем в таких густонаселенных регионах, как Циркум-Тихоокеанский район и Средиземноморье.

4.6.1. Северный Ледовитый океан

На развитии инфраструктуры побережий Северного Ледовитого океана сказываются быстро меняющиеся погодные условия и состояние льдов вследствие изменения климата. Сокращение морского ледяного покрова ведет к росту судоходства и развитию связанной с ним инфраструктуры (United States Committee on the Marine Transportation System, 2018). В частности, был достигнут прогресс в виде прокладки 1900 км волоконно-оптического кабеля связи у побережья северной Аляски с ответвлениями к шести прибрежным сообществам (Submarine Cable

Networks, 2017) и расширения национальных сетей в Гренландии и Норвегии (Quintillion, 2020).

4.6.2. Южный океан

Значительная часть Южного океана находится под эгидой системы Договора об Антарктике, включая Комиссию по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (Antarctic Treaty System, 2019; Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, 2017; 2019). Тем не менее большое внимание уделяется научным исследованиям той роли, которую играют Антарктика и Южный океан в воздействии на глобальный климат и океан. Такие исследования проводятся при поддержке постоянно действующих станций, расположенных вдоль антарктического побережья и на некоторых субантарктических островах.

5. Перспективы

5.1. Прогноз состояния морской и прибрежной инфраструктуры на краткосрочную и среднесрочную перспективу (приблизительно 10–20 лет)

В ближайшие 10–20 лет будут построены новые плотины гидроэлектростанций в верховьях рек и продолжится добыча речного песка, сопровождающаяся увеличением дефицита наносов на побережье, что приведет к ускорению береговой абразии (см. также гл. 13) и необходимости создания дополнительных защитных сооружений в прибрежной зоне. Приращение прибрежных и предбрежных районов, наряду с береговой абразией, будет и далее наносить ущерб важным прибрежным и предбрежным мелководным морским местам обитания или приводить к их деградации. Отмечаются также рост морского туризма и развитие связанной с ним инфраструктуры. В то же время во многих прибрежных районах социально-экономическое развитие приведет к увеличению численности населения прибрежной зоны и потребностей в прибрежной и морской инфраструктуре. Все эти факторы, наряду с изменением климата, проявляющимся в повышении температуры океана, повышении уровня моря и увеличении частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений, увели-

чивают риски для побережья, связанные с морскими стихийными бедствиями. Таким образом, для снижения рисков и обеспечения устойчивого развития побережья и морского хозяйства необходимо развивать новую или модернизировать имеющуюся инфраструктуру.

Ожидаемый в будущем прогресс в области знаний и потенциала будет способствовать оценке изменения состояния морской и прибрежной инфраструктуры и развитию более эффективной и экологичной морской и прибрежной инфраструктуры, и для обеспечения гармоничной защиты прибрежных зон и окружающей среды будут все больше использоваться «голубая инфраструктура» или естественные барьеры.

5.2. Социально-экономические последствия продолжающихся изменений в экосистемах

В целом развитие морской и прибрежной инфраструктуры, особенно приращение прибрежных и предбрежных районов, нанесет ущерб прибрежным и морским местам обитания и экологическим системам (Duan and others, 2016; McManus, 2017; Lin and Yu, 2018). Воздействия прибрежных сооружений на экологию прибрежных систем включают создание препятствий для доступа животных, разрушение прибрежных мест обитания

и экологических систем и изменение прибрежной среды (Hill, 2015). Защитные сооружения в прибрежной зоне могут изменить баланс наносов на побережье и, следовательно, изменить морфологию прибрежной зоны с соответствующими изменениями в прибрежных биоценозах, но в некоторых случаях защитные сооружения в прибрежной зоне могут обеспечить сохранение прибрежных мест обитания, которые иначе будут разрушены в результате береговой абразии (Schmitt and Albers, 2014). Приращение прибрежных районов также может способствовать созданию и восстановлению прибрежных мест обитания для предотвращения бедствий (Khalil and Raynie, 2015).

Исследователи, такие как Таормина и др. (Taormina and others, 2018), не смогли убедительно продемонстрировать какое-либо влияние электромагнитных полей кабелей на богатство и биоразнообразие организмов и подтвердили в целом низкий уровень воздействия телекоммуникационных кабелей на окружающую среду, особенно в глубоководных районах океана (глубина > 2000 м) (Burnett and others, 2013). Зафиксированные случаи обрыва подводных кабелей, вызванные оползнями и течениями, переносящими наносы, представляют собой важные на-

блюдения за такими процессами, в результате которых тепло, углерод и нутриенты переносятся с суши в глубоководные слои океана и которые, следовательно, могут воздействовать на морские экосистемы (Pope and others, 2017).

В последние 10 лет наблюдается явная тенденция к уменьшению или смягчению ущерба, наносимого прибрежным и океаническим экосистемам в результате освоения прибрежных и морских районов, благодаря использованию нового подхода к развитию: развитие «голубой экономики» (Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia, 2018). «Голубая инфраструктура» в прибрежной зоне может обеспечить гармоничную защиту прибрежных районов и местообитаний или экологии и способствовать секвестрации углерода (Sutton-Grier and others, 2015; Wellman and others, 2017).

Прибрежная и морская инфраструктура в целом оказывает положительное социально-экономическое воздействие на прибрежные сообщества. Хорошая инфраструктура является наиболее важным условием для уменьшения опасности бедствий в прибрежных районах, устойчивого социально-экономического развития и искоренения нищеты.

6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала

В целом на глобальном уровне пока недостаточно известно о масштабах прибрежной инфраструктуры, особенно инфраструктуры, построенной для защиты прибрежной зоны, и о ее экологическом и социально-экономическом воздействии. Кроме того, по-прежнему отсутствует научное понимание взаимосвязей между прибрежной динамикой, перемещением наносов и окружающей средой, а также между экологическими процессами и морской и прибрежной инфраструктурой. Эти проблемы стоят особенно остро для развивающихся стран, где на проведение прибрежных и морских научных исследований выделяется мало средств. Отсутствие надлежащих знаний и

данных также препятствует правильному проектированию и строительству и увеличивает средовой и экологический ущерб, наносимый прибрежной и морской инфраструктурой.

Взаимодействие науки и политики особенно важно при рассмотрении вопроса о принятии решений, связанных с устойчивым развитием «голубой» и основанной на использовании природных механизмов морской и прибрежной инфраструктуры, в целях оптимизации использования прибрежной и морской инфраструктуры и сведения к минимуму наносимого ей ущерба.

Выражение признательности: авторы хотели бы поблагодарить Джона Мэнока за его вклад в составление раздела 2.6.

Справочная литература

- Antarctic Treaty System (2019). The Antarctic Treaty. www.ats.aq/index_e.html.
- Asian Development Bank (2019). *Action Plan for Healthy Oceans: Investing in Sustainable Marine Economies for Poverty Alleviation in Asia and the Pacific*.
- Blackburn, Sophie, and others (2013). Mega-urbanisation on the coast: global context and key trends in the twenty-first century. In *Megacities and the Coast: Risk, Resilience and Transformation*, M. Pelling and S. Blackburn, eds., pp. 1–21.
- Burnett, Douglas R., and others (2013). *Submarine Cables: The Handbook of Law and Policy*. Martinus Nijhoff Publishers.
- Carter, L., and others (2019). Chemical and physical stability of submarine fibre-optic cables in the Area Beyond National Jurisdiction (ABNJ). In *SubOptic 2019 Conference*.
- Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (2017). CCAMLR to create world's largest Marine Protected Area. www.ccamlr.org/en/news/2016/ccamlr-create-worlds-largest-marine-protected-area.
- _____ (2019). = О Комиссии по сохранению морских живых ресурсов Антарктики. www.ccamlr.org/ru/organisation/об-антком.
- Connell, John (2018). Effects of climate change on settlements and infrastructure relevant to the Pacific Islands. *Pacific Marine Climate Change Report Card Scientific Review*.
- Davis, McKenna, and others (2015). Coastal protection and SUDS: nature-based solutions. RECREATE Project Policy Brief, No. 4.
- Duan, Huabo, and others (2016). Characterization and environmental impact analysis of sea land reclamation activities in China. *Ocean and Coastal Management*, vol. 130, pp. 128–137.
- Economist (2019). *The Critical Role of Infrastructure for the Sustainable Development Goals*. https://content.unops.org/publications/The-critical-role-of-infrastructure-for-the-SDGs_EN.pdf?mtime=20190314130614.
- Edwards, P.E.T., and others (2013). Investing in nature: restoring coastal habitat blue infrastructure and green job creation. *Marine Policy*, vol. 38, pp. 65–71.
- Elkin, R.S. (2017). Beyond Restoration: Planting Coastal Infrastructure. In *Climate Change Adaptation in North America*, pp. 119–135. Springer.
- Gavey, R., and others (2017). Frequent sediment density flows during 2006 to 2015, triggered by competing seismic and weather events: observations from subsea cable breaks off southern Taiwan. *Marine Geology*, vol. 384, pp. 147–158.
- Gillies, Chris, and others (2019). Coastal habitat squeeze: a review of adaptation solutions for saltmarsh, mangrove and beach habitats. *Ocean and Coastal Management*, vol. 175, pp. 180–190.
- Gutscher, Marc-André, and others (2019). Fiber optic monitoring of active faults at the seafloor: I the FOCUS project. *Photoniques*, pp. 32–37.
- Hill, Kristina (2015). Coastal infrastructure: a typology for the next century of adaptation to sea-level rise. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 13, No. 9, pp. 468–476.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2019). Summary for Policymakers. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. H-O. Pörtner and others, eds. https://report.ipcc.ch/srocc/pdf/SROCC_FinalDraft_FullReport.pdf.
- International Association of Dredging Companies (2018). *Dredging in Figures 2017*.
- International Seabed Authority (2018). *Deep Seabed Mining and Submarine Cables*.
- Kazmierczak, A., and J. Carter (2010). Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies. University of Manchester.

- Khalil, S.M., and R.C. Raynie (2015). Coastal restoration in Louisiana: an update. *Shore and Beach*, vol. 83, No. 4, p. 4.
- Kraus, Christoph, and Lionel Carter (2018). Seabed recovery following protective burial of subsea cables: observations from the continental margin. *Ocean Engineering*, vol. 157, pp. 251–261.
- Lin, Qiaoying, and Shen Yu (2018). Losses of natural coastal wetlands by land conversion and ecological degradation in the urbanizing Chinese coast. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, p.15046.
- McManus, John W. (2017). Offshore coral reef damage, overfishing, and paths to peace in the South China Sea. *The International Journal of Marine and Coastal Law*, vol. 32, No. 2, pp. 199–237.
- Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia (2018). *State of Oceans and Coasts 2018: Blue Economy Growth in the East Asian Region*. <http://pemsea.org/publications/reports/state-oceans-and-coasts-2018-blue-economy-growth-east-asian-region>.
- Pope, Ed. L., and others (2017). Damaging sediment density flows triggered by tropical cyclones. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 458, pp. 161–169.
- Powell, E.J., and others (2018). A review of coastal management approaches to support the integration of ecological and human community planning for climate change. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 23, No. 1, pp.1–18.
- Quintillion (2020). System Specifications. <http://qexpressnet.com/system>.
- Rousseau, Yannick, and others (2019). Evolution of global marine fishing fleets and the response of fished resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 116, No. 25, pp. 12238–12243. <https://doi.org/10.1073/pnas.1820344116>.
- Schmitt, Klaus, and Thorsten Albers (2014). Area coastal protection and the use of bamboo breakwaters in the Mekong Delta. In *Coastal Disasters and Climate Change in Vietnam*, pp. 107–132. Elsevier.
- Sengupta, Dhritiraj, and others (2018). Building beyond land: an overview of coastal land reclamation in 16 global megacities. *Applied Geography*, vol. 90, pp. 229–238.
- Submarine Cable Network (2017). Quintillion activates Arctic subsea cable. www.submarinenetworks.com/en/systems/asia-europe-africa/arctic-fiber/quintillion-activates-arctic-subsea-cable.
- Sutton-Grier, Ariana E., and others (2015). Future of our coasts: the potential for natural and hybrid infrastructure to enhance the resilience of our coastal communities, economies and ecosystems. *Environmental Science and Policy*, vol. 51, pp. 137–148.
- Taormina, Bastien, and others (2018). A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: knowledge gaps, recommendations and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 96, pp. 380–391.
- United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2018).= Конференция Организации Объединенных Наций по торговле и развитию (ЮНКТАД) (2018). *Обзор морского транспорта*. Организация Объединенных Наций, Женева.
- United States Committee on the Marine Transportation System (2018). *Revisiting Near-Term Recommendations to Prioritize Infrastructure Needs in the U.S. Arctic*. Washington, D.C., p. 43.
- Value Market Research (2017). Recreational Boating Industry Report: Trends, Forecast and Competitive Analysis. www.valuemarketresearch.com/report/recreational-boating-market.
- Wellman, Emory, and others (2017). Catching a wave? A case study on incorporating storm protection benefits into habitat equivalency analysis. *Marine Policy*, vol. 83, pp. 118–125.
- Williams, A.T., and others (2018). The management of coastal erosion. *Ocean and Coastal Management*, vol. 156, pp. 4–20.

World Bank (2018). World Bank Board Approves West Africa Coastal Areas (WACA) Resilience Investment Project. www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/04/09/world-bank-board-approves-west-africa-coastal-areas-waca-resilience-investment-project.

Глава 15

Изменения в промышленном рыболовстве и промысле морских беспозвоночных, относящихся к дикой фауне

Участники: Портер Хоугленд (координатор), Алида Банди, Меган Бейли, Лена Бергстрём, Эндрю Джонсон, Мелина Курантиду, Фернанда ди Оливейра Лана, Мануэль Идальго, Мелина Курантиду, Энрике Маршофф (ведущий участник), Эсам Мохаммед (соведущий участник), Франклин Ормаса-Гонсалес, Хенн Оявеэр (соведущий участник), Имантс Джордж Приеде, Иления Рандрианарисуа (соведущий участник), Закари Соху, Бурджу Бильгин Топчу, Чжан Джан Ик, Йёрн Шмидт (соведущий участник) и Кэрен Эванс (соведущий участник).

Ключевые тезисы

- Подсчитано, что с 2012 по 2017 год общемировой объем выгруженных уловов в морском промысловом рыболовстве увеличился на 3 процента, достигнув 80,6 млн тонн, а оценочная валовая стоимость выгруженных уловов возросла на 1 процент до 127 млрд долл. США.
- В некоторых районах мирового промыслового рыболовства продолжались чрезмерная эксплуатация, субсидирование судов, неэффективное управление, прилов и выброс рыбы, деградация местообитаний, замусоривание оставленными, утерянными или иным образом брошенными орудиями лова, а также незаконный, несообщаемый и нерегулируемый рыбный промысел.
- По оценкам Всемирного банка, сделанным в 2017 году, в результате перелома ежегодные чистые убытки общемирового промыслового рыболовства в 2012 году составили 88,6 млрд долл. США (данные рассчитаны в долларах по курсу 2017 года). Если в обозримом будущем это будет продолжаться, то такие убытки в виде потерянного актива природного капитала составят триллионы долларов.
- Подавляющее большинство выгруженных уловов мелкого, кустарного и натурального рыбного хозяйства предназначаются для местного потребления и, таким образом, вносят жизненно важный вклад в обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания в развивающихся государствах, однако незаконный, несообщаемый и нерегулируемый рыбный промысел по-прежнему создает риски для многих людей, которые зависят от богатых белком морепродуктов, а также усугубляет нищету и проблему отсутствия продовольственной безопасности и потенциально препятствует усилиям по выполнению задач, предусмотренных целями в области устойчивого развития.
- Обнадёживает тот факт, что благодаря научной оценке запасов и управлению ими достигнуты показатели, свидетельствующие о повышении устойчивости¹, а реформы в области управления, согласно прогнозам, приведут к быстрому (в десятилетнем масштабе) восстановлению запасов. Это может служить полезным опытом в условиях, когда мировое сообщество начало искать возможности для незадействованного и пока нерегулируемого рыбного промысла в полярных регионах и глубоководных районах океана (мезопелагической зоне).
- Негативные последствия изменения климата для океанов, как ожидается, будут препятствовать достижению устойчивых показателей, а зависящие от рыболовства развивающиеся государства, особенно их мелкое рыболовство, весьма уязвимы к связанным с климатом изменениям.

1. Введение

С 1950-х годов общемировой объем выгруженных уловов в морском промысловом рыболовстве значительно увеличился (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2016d; 2018b; 2019a), однако с конца 1980-х годов он стабилизировался: с 2010 года темпы его роста составляют менее 1 процента (FAO, 2019a). В период 2012–2017 годов общемировой объем

продукции морского промыслового рыболовства (главным образом уловов, составлявших выгруженный улов) оставался практически неизменным и варьировался от 78,4 млн тонн в 2012 году до 80,6 млн тонн в 2017 году. В период 2010–2017 годов объем улова промыслового рыболовства (во внутренних водах и на море) несколько возрос как в развитых странах — с

¹ В настоящей главе «устойчивые», «биологически устойчивые» и «максимально устойчивые», согласно определению Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций, применяются главным образом к отдельным запасам.

24,1 млн тонн до 24,8 млн тонн (2,9 процента), — так и в развивающихся странах — с 63,0 млн тонн до 67,6 млн тонн (7,3 процента) (FAO, 2019a).

В 2017 году средняя мировая цена на все виды рыбного промысла составляла 1,57 долл. США за килограмм, а это означает, что валовая стоимость выгруженных уловов для общемирового морского промыслового рыболовства оценивалась в 126,8 млрд долл. США (FAO, 2019a). Оценочная годовая чистая прибыль от этих выгруженных уловов составила всего 3 млрд долл. США (данные за 2012 год рассчитаны в долларах по курсу 2017 года) (World Bank and others, 2012; Tai and others, 2017; World Bank, 2017). Чрезмерные промысловые усилия, ставшие причиной снижения биомассы, привели к тому, что, по оценкам, чистые ежегодные потери составили 88,9 млрд долл. США. Если эта тенденция продолжится, то потери активов природного капитала (т. е. дисконтированная, или «приведенная», стоимость будущих потерь, которые будут наблюдаться ежегодно в тех же масштабах, что и в 2012 году) составят от 1,3 до 4,4 трлн долл. США при применении социальной ставки межвременных предпочтений в размере от 7 до 2 процентов.

В прошедшее десятилетие на рыбных рынках наблюдалась стремительная глобализация, которая делала мелкое рыболовство более уязвимым в условиях истощения локально значимых запасов (Crona and others, 2015; Kramer and others, 2017). В 2017 году в международную торговлю либо для потребления человеком, либо для производства рыбной муки и рыбьего жира поступило около 38 процентов общемирового объема рыбной продукции (FAO, 2018b). В 2017 году экспортная стоимость морепродуктов составила 156,5 млрд долл. США, из которых 84,6 млрд долл. США (54 процента) приходилось на экспорт из развивающихся государств.

Сообщаемый объем общемирового выгруженного улова и его стоимость свидетельствуют о том, что со времени публикации первой «Оценки состояния Мирового океана» (United Nations, 2017), которая опиралась на данные вплоть до 2012 года, мало что изменилось. Вместе с тем в некоторых регионах повысилась эффективность управления, в частности благодаря рациональ-

ному управлению удалось восстановить некоторые рыбные хозяйства (FAO, 2018b; Hilborn and others, 2020). Экосистемный подход к управлению рекомендуется в научной литературе в качестве полезного инструмента в долгосрочной перспективе, приближающего коммерческий рыбный промысел к идеалам, сформулированным в Кодексе ведения ответственного рыболовства 1995 года (Long and others, 2015; Patrick and Link, 2015; FAO, 2018a; Marshall and others, 2018; см. также гл. 27).

Имелось множество свидетельств того, что некоторые виды мирового рыбного хозяйства не управлялись рационально (Sustainable Development Solutions Network, 2019), а это означает, что задачи целей в области устойчивого развития², в частности задачи, связанные с рыбным хозяйством в рамках цели 14, а также другие задачи, касающиеся обеспечения продовольственной безопасности, до сих пор не выполнены, а соответствующие цели не достигнуты. Вместе с тем отмечался некоторый прогресс (United Nations, 2019b). Ниже указаны наиболее существенные вопросы в период с 2012 по 2017 годы:

- Из общемирового числа морских промысловых рыбных запасов, по которым имелись данные, около 60 процентов «подвергаются максимальному устойчивому вылову», и с 1990 года их доля возрастает (FAO, 2020b). Совокупная доля подвергающихся максимальному устойчивому вылову и «недолавливаемых» запасов была отражена в показателе 14.4.1 (доля рыбных запасов, находящихся в биологически устойчивых пределах) (см. рисунок I). Кроме того, этот показатель свидетельствует об увеличении с 1974 года доли запасов, «подвергающихся перелову» (Sustainable Development Solutions Network, 2019; FAO, 2020a; 2020b; World Bank, 2017; см. рисунок I). Хотя 66 процентов рыбных запасов в настоящее время либо подвергаются максимальному устойчивому вылову, либо недолавливаются, из рисунка I видно, что необходимо обратить вспять тенденцию к сокращению совокупной суммы этих двух категорий за счет совершенствования подходов к управлению 34 процентами

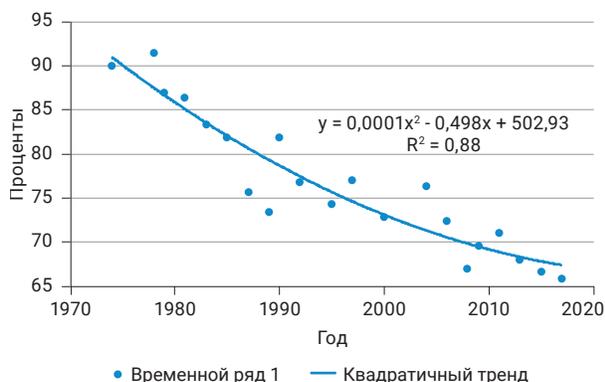
² См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

рыбных запасов, находящихся за пределами биологически устойчивых уровней.

- Незаконный, несообщаемый и нерегулируемый рыбный промысел продолжается, что снижает эффективность управления рыбным промыслом и приводит к незаконной торговле морепродуктами (Macfadyen and others, 2019; Sumaila and others, 2020).
- Субсидирование рыболовных судов продолжалось (Sumaila and others, 2019a), включая субсидии, которые привели к избытку промысловых мощностей, чрезмерному промыслу и истощению запасов (Rousseau and others, 2019). По оценкам Салы и др. (Sala and others, 2018), в случае отмены субсидий 54 процента рыбопромысловых участков открытого моря станут нерентабельными. Переговоры под эгидой Всемирной торговой организации (ВТО) об упразднении субсидий на незаконный, несообщаемый и нерегулируемый рыбный промысел и запрете некоторых других форм субсидий продолжают ускоренными темпами, и соглашение, как ожидалось, будет достигнуто в 2020 году (WTO, 2020).
- По-прежнему наблюдается воздействие донного траления на морские местообитания, однако отдельными государствами и региональными рыбохозяйственными организациями или договоренностями были приняты меры по смягчению этого воздействия на морское дно и подводные горы и был достигнут прогресс в разработке индексов целостности морского дна для оценки уровней воздействия (Eigaard and others, 2017; Hiddink and others, 2017; Kroodsma and others, 2018).
- Промысловая мощность в демерсальных и пелагических промыслах продолжает неуклонно — но зачастую незаметно — расти в плане эффективности (что известно как «постепенный рост эффективности вследствие внедрения новых технологий») в среднем на 0,2 процента в год, что обуславливает необходимость компенсационных корректировок в управлении (Palomares and Pauly, 2019a).
- Оставленные, утерянные или иным образом брошенные орудия лова продолжают нарушать целостность экосистем, что влечет за собой издержки как для промышленности, так и для национальных властей (FAO, 2018b).
- Некоторые региональные рыбохозяйственные организации или договоренности, охватывающие открытое море, недостаточно эффективны в оценке рыбных запасов, обеспечении соблюдения ограничений на улов и предоставлении услуг наблюдателей для учета улова, прилова или выбросов рыбы (Cullis-Suzuki and Pauly, 2010; Crespo and Dunn, 2017; International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2018a), однако государства проявляют все бóльшую мотивацию к достижению устойчивых показателей путем повышения эффективности таких организаций или договоренностей, о чем свидетельствует соглашение о региональных совместных инициативах, в частности Джакартское соглашение по Индийскому океану 2017 года³.
- Сохраняются существенные пробелы в установлении и достижении консенсуса относительно хозяйственной практики, позволяющей поддерживать рыбные запасы здоровыми, включая следующие: спорные юрисдикции в центральной части Тихого океана и юго-западной части Атлантического океана (Harrison, 2019); менее чем полностью эффективное управление промыслом в открытом море на глубоководном шельфе океана и в подводных горах (ICES, 2018b); ограниченный прогресс в сохранении потенциальных рыбных запасов в центральной части Северного Ледовитого океана (временный 16-летний мораторий на нерегулируемый рыбный промысел еще не вступил в силу); и отсутствие управления перспективными промыслами в мезопелагической зоне, где регулирование либо только начинается, либо вообще отсутствует (Priede, 2017; Hidalgo and Browman, 2019; Remesan and others, 2019).

³ The Indian Ocean Rim Association, Jakarta Concord: promoting regional cooperation for a peaceful, stable and prosperous Indian Ocean (adopted on 7 March 2017). См. www.iora.int/media/23699/jakarta-concord-7-march-2017.pdf.

Рисунок 1
Доля рыбных запасов, находящихся в биологически устойчивых пределах (показатель 14.4.1 цели в области устойчивого развития)



Эти данные отражают сумму процентных долей общемировых морских промысловых рыбных запасов, которые считаются либо «подвергающимися максимальному устойчивому вылову» (59,6 процента в 2017 году), либо «недолавливаемыми» (6,2 процента в 2017 году). Следует отметить, что с 1990 по 2017 год процентная доля промысловых запасов, подвергавшихся максимальному устойчивому вылову, увеличилась. И наоборот, при вычете из 100 процентов данные за любой год отражают растущую процентную долю промысловых запасов, «подвергающихся перелову» (FAO, 2020a; 2020b).

Сокращения: x — год; y — доля рыбных запасов, находящихся в биологически устойчивых пределах; R^2 — коэффициент детерминации взаимосвязи между y и x и x^2 .

Несмотря на эти проблемы и пробелы, последние научные исследования свидетельствуют о том, что восстановление рыбных запасов, подвергавшихся перелову, может при надлежащем управлении занимать в среднем менее 10 лет, а это значит, что в случае проведения реформ 98 процентов таких запасов можно будет к середине века считать здоровыми (Sumaila and others, 2012; Neubauer and others, 2013; Costello and others, 2016; Hilborn and Costello, 2018; Garcia and others, 2018). Однако среди ученых нет единого мнения о том, смогут ли восстановленные экосистемы и популяции взять на себя свои первоначальные функции (Van Gemert and Andersen, 2018; Ingeman and others, 2019), а для восстановления некоторых крайне истощенных запасов, таких как атлантическая треска (*Gadus morhua*), согласно прогнозам, потенциально потребует-

ся гораздо более длительный период времени (Neuenhoff and others, 2019).

Было доказано, что научная оценка рыбных запасов и управление ими позволяют повысить их устойчивость (Hilborn and others, 2020). Ученые пришли к выводу о том, что реформы в области управления, в том числе применение правозащитных подходов, могут привести к значительному увеличению годового улова (2–16 млн тонн) и прибыли (31–53 млрд долл. США) (Costello and others, 2016). Ученые также утверждают, что увеличение биомассы и биоразнообразия в сочетании с реформами в области управления рыбным хозяйством будет способствовать адаптации океанических экосистем к глобальному изменению климата (Berkes and Ross, 2013; Armitage and others, 2017). Соответственно, восстановление рыбных запасов оставалось одной из главных приоритетных задач государств и международных организаций (Delpuech and Hutniczak, 2019).

Даже при надлежащем управлении, ведущем к восстановлению запасов, негативные последствия глобального изменения климата, как ожидается, будут препятствовать прогрессу на пути к устойчивости (Lam and others, 2016; Pentz and others, 2018; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019; Lotze and others, 2019; см. также гл. 5). Существует слабое понимание того, в какой степени изменение условий способствует сдвигам в функционировании экосистем, однако ученые установили, что изменения в структурах и функционировании морских экосистем происходят чаще, чем ожидалось, и они утверждают, что такие изменения трудно обратить вспять (Selkoe and others, 2015; Samhoury and others, 2017).

Ожидается также, что последствия изменения климата будут включать усиление интенсивности и частоты стихийных бедствий, что повлияет на локальное распределение и численность рыбных популяций (Barange and others, 2014; Bryndum-Buchholz and others, 2018). Ученые предполагают, что наиболее серьезно могут пострадать зависящие от рыболовства развивающиеся государства и что, поскольку ожидаются изменения в распределении видов и, как следствие, рост трансграничных миграций рыбных запасов, такое перераспределение придется учитывать в будущей международной системе управления (Pinsky and others, 2018; Sumaila and others, 2019b).

2. Разница между уловом и выгрузкой, цели в области устойчивого развития и мелкое рыболовство

2.1. Национальная юрисдикция

В период 2012–2017 годов общемировой объем выгруженных уловов был стабильным, а промысловые усилия по-прежнему в значительной степени концентрировались в прибрежных океанских водах (Tickler and others, 2018). Было установлено, что объем уловов прибывающих рыболовецких флотилий дальнего плавания растет быстрее, чем объем уловов государств, на территории которых они действуют, а 78 процентов отслеживаемого промышленного промысла в исключительных экономических зонах государств с более низким уровнем дохода осуществлялось судами под флагами государств с

высоким уровнем дохода (McCauley and others, 2018). В 2016 году объем выгруженных уловов в тропических районах продолжал расти и достиг 23,8 млн тонн, тогда как в умеренных зонах он был стабильным и составлял 38,9 млн тонн, а на участках апвеллинга их объем характеризовался большим непостоянством и сократился до 14,5 млн тонн (FAO, 2018b). В таблицах 1 и 2 показаны национальные и региональные различия в средних объемах выгруженных уловов в период 2005–2014 годов по сравнению периодом 2015–2016 годов (FAO, 2018b).

Таблица 1

Объем продукции морского промыслового рыболовства в разбивке по странам

Страна	Объем продукции (в тоннах)			Разница (в процентах)		
	Средний показатель, 2005–2014 гг.	2015 г.	2016 г.	Между средним показателем за 2005–2014 гг. и за 2016 г.	Между показателями за 2015 и 2016 гг.	Разница, 2015–2016 гг. (в тоннах)
Китай	13 189 273	15 314 000	15 246 234	15,6	-0,4	-67 766
Индонезия	5 074 932	6 216 777	6 109 783	20,4	-1,7	-106 994
Соединенные Штаты Америки	4 757 179	5 019 399	4 897 322	2,9	-2,4	-122 077
Российская Федерация	3 601 031	4 172 073	4 466 503	24	7,1	294 430
Перу (всего)	6 438 839	4 786 551	3 774 887	-41,4	-21,1	-1 011 664
Перу (за исключением анчовет)	989 918	1 016 631	919 847	-7,1	-9,5	-96 784
Индия	3 218 050	3 497 284	3 599 693	11,9	2,9	102 409
Япония ^a	3 992 458	3 423 099	3 167 610	-20,7	-7,5	-255 489
Вьетнам	2 081 551	2 607 214	2 678 406	28,7	2,7	71 192
Норвегия	2 348 154	2 293 462	2 033 560	-13,4	-11,3	-259 902
Филиппины	2 155 951	1 948 101	1 865 213	-13,5	-4,3	-82 888
Малайзия	1 387 577	1 486 050	1 574 443	13,5	5,9	88 393
Чили (всего)	3 157 946	1 786 249	1 499 531	-52,5	-16,1	-286 718
Чили (за исключением анчовет)	2 109 785	1 246 154	1 162 095	-44,9	-6,7	-84 059
Марокко	1 074 063	1 349 937	1 431 518	33,3	6,0	81 581
Республика Корея	1 746 579	1 640 669	1 377 343	-21,1	-16,0	-263 326

Таблица 1 (продолжение)

Объем продукции морского промыслового рыболовства в разбивке по странам

Страна	Объем продукции (в тоннах)			Разница (в процентах)		
	Средний показатель, 2005–2014 гг.	2015 г.	2016 г.	Между средним показателем за 2005–2014 гг. и за 2016 г.	Между показателями за 2015 и 2016 гг.	Разница, 2015–2016 гг. (в тоннах)
Таиланд	1 830 315	1 317 217	1 343 283	-26,6	2,0	26 066
Мексика	1 401 294	1 315 851	1 311 089	-6,4	-0,4	-4 762
Мьянма ^а	1 159 708	1 107 020	1 185 610	2,2	7,1	78 590
Исландия	1 281 597	1 318 916	1 067 015	-16,7	-19,1	-251 901
Испания	939 384	967 240	905 638	-3,6	-6,4	-61 602
Канада	914 371	823 155	831 614	-9,1	1,0	8 459
Китайская провинция Тайвань	960 193	989 311	750 021	-21,9	-24,2	-239 290
Аргентина	879 839	795 415	736 337	-16,3	-7,4	-59 078
Эквадор	493 858	643 176	715 357	44,9	11,2	72 181
Соединенное Королевство	631 398	704 502	701 749	11,1	-0,4	-2 753
Дания	735 966	868 892	670 207	-8,9	-22,9	-198 685
Всего: 25 основных стран	65 451 506	66 391 560	63 939 966	-2,3	-3,7	-2 451 594
Всего: остальные 170 стран	14 326 675	14 856 282	15 336 882	7,1	3,2	480 600
Всего в мире	79 778 181	81 247 842	79 276 848	-0,6	-2,4	-1 970 994
Доля 25 основных стран	82,0%	81,7%	80,7%			

^а Данные об объеме продукции за 2015 и 2016 годы представляют собой оценочные данные.
Источник: ФАО (FAO, 2018b).

Таблица 2

Рыбопромысловые районы и объем продукции промыслового рыболовства

Код района промысла	Название промыслового района	Объем продукции (в тоннах)			Разница (в процентах)		
		Средний показатель, 2005–2014 гг.	2015 г.	2016 г.	Между средним показателем за 2005–2014 гг. и за 2016 г.	Между показателями за 2015 и 2016 гг.	Разница, 2015–2016 гг. (в тоннах)
21	Северо-западная часть Атлантического океана	2 041 599	1 842 787	1 811 436	-11,3	-1,7	-31 351
27	Северо-восточная часть Атлантического океана	8 654 911	9 139 199	8 313 901	-3,9	-9,0	-825 298
31	Центрально-западная часть Атлантического океана	1 344 651	1 414 318	1 563 262	16,3	10,5	148 944

Таблица 2 (продолжение)

Рыбопромысловые районы и объем продукции промыслового рыболовства

Код района промысла	Название промыслового района	Объем продукции (в тоннах)			Разница (в процентах)		
		Средний показатель, 2005–2014 гг.	2015 г.	2016 г.	Между средним показателем за 2005–2014 гг. и за 2016 г.	Между показателями за 2015 и 2016 гг.	Разница, 2015–2016 гг. (в тоннах)
34	Центрально-восточная часть Атлантического океана	4 086 427	4 362 180	4 795 171	17,3	9,9	432 991
37	Средиземное море и Черное море	1 421 025	1 314 386	1 236 999	-13,0	-5,9	-77 387
41	Юго-западная часть Атлантического океана	2 082 248	2 427 872	1 563 957	-24,9	-35,6	-863 915
47	Юго-восточная часть Атлантического океана	1 425 775	1 677 969	1 688 050	18,4	0,6	10 081
51	Западные районы Индийского океана	4 379 053	4 688 848	4 931 124	13,9	5,2	242 276
57	Восточные районы Индийского океана	5 958 972	6 359 691	6 387 659	7,2	0,4	27 968
61	Северо-западная часть Тихого океана	20 698 014	22 057 759	22 411 224	7,7	1,6	353 465
67	Северо-восточная часть Тихого океана	2 871 126	3 164 604	3 092 529	7,7	-2,3	-72 075
71	Центрально-западная часть Тихого океана	11 491 444	12 625 068	12 742 955	10,9	0,9	117 887
77	Центрально-восточная часть Тихого океана	1 881 996	1 675 065	1 656 434	-12,0	-1,1	-18 631
81	Юго-западная часть Тихого океана	613 701	551 534	474 066	-22,8	-14,0	-77 468
87	Юго-восточная часть Тихого океана	10 638 882	7 702 885	6 329 328	-40,5	-17,8	-1 373 557
18 48 58 88	Арктика и Антарктика	188 360	243 677	278 753	48	14,4	35 076
	Всего по миру	79 778 184	81 247 842	79 276 848	19,0	-43,9	-1 970 994

Источник: ФАО (FAO, 2018b).

Новые оценки объема общемировых уловов рыбы, сделанные с использованием данных за 1950–2010 годы с учетом уловов (и выбросов рыбы), не учтенных в официальной статистике, позволили предположить, что общемировой объем годовых выгруженных уловов был занижен по меньшей мере на треть и что объем уловов сокращался быстрее, чем предполагалось ранее (Pauly and Zeller, 2016; Zeller and others, 2018). Примененный метод позволил учесть значительную долю несообщаемого рыбного про-

мысла, состоявшего из выброшенной рыбы и уловов судов, замеченных в незаконном, несообщаемом и нерегулируемом рыбном промысле, а также долю уловов рыбаков-любителей и участников мелкого рыболовства. Восстановленные данные об объеме уловов в регионах ФАО позволили выявить особенно большие различия по сравнению с зафиксированным объемом выгруженных уловов в западной части Атлантического океана, Средиземном море и Индийском океане (Palomares and Pauly, 2019b).

С учетом региональных различий занятость в мировом рыболовстве, составившая в 2017 году 40,4 миллиона человек, несколько увеличилась по сравнению с 2012 годом (менее чем на 3 процента) (FAO, 2019a). Что касается задачи 2.3 целей в области устойчивого развития, которая предусматривает, в частности, содействие доступу участников мелкого рыболовства к производственным ресурсам, услугам и рынкам (показатель 2.3.1), то был отмечен прогресс в деле создания целевой нормативно-правовой и институциональной базы. Но при этом более 20 процентов промысловых государств, особенно в Океании и Южной Азии, продемонстрировали лишь низкие или средние показатели внедрения такой базы (United Nations, 2019a).

По оценкам, в мелком рыболовстве занято более 90 процентов из 120 миллионов человек в мире, занятых в промысловом рыболовстве (около 50 процентов из них — женщины) (World Bank and others, 2012; FAO, 2015; 2019a). Несмотря на их существенный вклад в общемировой объем выловов, участники мелкого рыболовства маргинализированы, причем возрастает давление как со стороны промышленных флотов (зачастую субсидируемых), так и со стороны субъектов, занимающихся другими видами деятельности, связанными с использованием океана (Schuhbauer and Sumaila, 2016; Bundy and others, 2017; Ding and others, 2017; Willmann and others, 2017; Cohen and others, 2019). Ожидается, что изменение климата отрицательно скажется на участниках мелкого рыболовства, и были определены адаптационные стратегии, включая необходимость выявления альтернативных источников средств к существованию (Shaffril and others, 2017).

Промысловое рыболовство остается основным источником питания и занятости для миллионов людей, однако, по оценкам, более 820 миллионов человек по-прежнему страдают от недоедания (FAO, 2019b). Около 90–95 процентов выгруженных уловов мелкого рыболовства предназначаются для местного потребления человеком, что в значительной степени способствует обеспечению продовольственной безопасности и улучшению питания (World Bank and others, 2012; Golden

and others, 2016; Basurto and others, 2017; Johnson and others, 2018).

Способы применения информационных технологий для содействия расширению возможностей мелкого рыболовства в таких областях, как безопасность, обмен местными знаниями, наращивание потенциала и управление, были изложены в Добровольных руководящих принципах обеспечения устойчивого маломасштабного рыболовства в контексте продовольственной безопасности и искоренения бедности (FAO, 2015), которые, как считается, играют важнейшую роль в достижении целей в области устойчивого развития, имеющих отношение к рыбному хозяйству (Said and Chuenpagdee, 2019). Ожидается, что на осуществление этих принципов потребуется время, однако все более широкое применение подходов, основанных на уважении прав человека, также позволяет расширять возможности мелкого рыболовства (Song and Soliman, 2019). Были организованы различные исследовательские мероприятия, в частности глобальное партнерство «Такие масштабы игнорировать невозможно» (*Too Big to Ignore*), акцентирующее внимание на мелком рыболовстве (*Too Big to Ignore*, 2020), а 2022 год был провозглашен Генеральной Ассамблеей Международным годом кустарного рыболовства и аквакультуры⁴.

Субсидии усугубляют проблемы избыточных мощностей и перелова, особенно в тех случаях, когда речь идет о незаконном, несообщаемом и нерегулируемом рыбном промысле. Некоторые субсидии в эффективно управляемых рыбопромысловых хозяйствах являются выгодными, в частности инвестиции в оценку запасов. В 2018 году общемировой объем субсидий в области рыболовства оценивался в 35,4 млрд долл. США в год по сравнению с 41,4 млрд долл. США десятью годами ранее (данные 2009 года, выраженные в долларах по курсу 2018 года), однако это снижение не считается значительным (Sumaila and others, 2019a). Большая часть субсидий предоставлялась развитыми государствами (Schuhbauer and others, 2017). Увеличилась доля субсидий, направленных на укрепление потенциала (пагубных субсидий), — она составила 63 процента всех субсидий (около 22 млрд долл.

⁴ См. резолюцию 72/72 Генеральной Ассамблеи.

США) по сравнению с 57 процентами десятью годами ранее (Sumaila and others, 2019a).

Был достигнут прогресс в разработке руководящих принципов оценки рыболовства и учета его воздействия в районах, по которым не хватает данных (Cai and others, 2019). ФАО разработала методологию для показателя 14.7.1 целей в области устойчивого развития для измерения процентной доли устойчивого рыболовства в валовом внутреннем продукте (FAO, 2020c). Кроме того, предпринимаются усилия по разработке более комплексного показателя, который будет учитывать незаконный, несообщаемый и нерегулируемый рыбный промысел, ресурсную ренту и торговлю услугами в области рыболовства.

2.2. Рыболовство в открытом море

Многие из наиболее ценных промысловых рыболовств в мире — это рыболовства, сосредоточенные на далеко мигрирующих суперхищниках, которые находятся в соседних исключительных экономических зонах или мигрируют между такими зонами и открытым морем (Sumaila and others, 2015). Промысел таких видов, как тунец, панцирник и акула, является объектом внимания национальных флотов в пределах их исключительных экономических зон или международных флотов, имеющих лицензии на доступ в иностранные зоны, и в открытом море. В частности, использование морского пространства при ярусном промысле совпадает более чем на 75 процентов с известным пространственным распределением ценных в промысловом смысле акул (Queiroz and others, 2019). В период 1950–2014 годов объем выгруженных уловов в открытом море вырос примерно с 0,5 млн тонн до 4,3 млн тонн (Cheung and others, 2019).

С 1950-х годов промышленное рыболовство значительно расширилось: увеличился объем выгружаемых уловов из прибрежных вод, открытого моря (особенно обширных пелагических

зон) и полярных регионов (United Nations, 2017; Watson and Tidd, 2018). Объем улова в открытом море достиг пика в 1989 году, составив 5,2 млн тонн, но за последние три десятилетия несколько сократился. Хотя открытое море представляет собой 60 процентов Мирового океана, на долю промыслового рыболовства приходится лишь около 5 процентов общемирового морского улова как рыб, так и беспозвоночных. Поэтому вклад промысла в открытом море в снабжение мира морепродуктами в тот период имел второстепенное значение для обеспечения продовольственной безопасности (Schiller and others, 2018).

Суда, зарегистрированные под флагом государств с высоким уровнем дохода, составляли 97 процентов промышленных рыболовных судов в открытом море (McCauley and others, 2018). Сообщалось, что на долю ярусного промысла приходится 84–87 процентов от общего количества часов промысла в открытом море (Crespo and others, 2018). Более 80 процентов этих усилий приходилось на суда всего лишь пяти государств. В период с 1950 по 2014 год расстояние, которое прошли из порта промышленные рыболовные суда, увеличилось более чем в два раза, но при этом наблюдалось снижение объема улова с 25 до 7 тонн из расчета на пройденное расстояние (в миллионах метров) (Tickler and others, 2018).

Почти 95 процентов всего не покрытого льдом морского пространства эксплуатировалось промышленными рыболовными судами, однако после пика промышленного промысла в 1996 году общий объем промышленного улова сократился на 18 процентов, а объем промышленного улова на единицу площади — на 22 процента (Tickler and others, 2018). Было установлено, что в летние месяцы в бореальных районах интенсивность ярусного промысла (за месяц) возрастает, причем его интенсивность привязана к экологическим прогнозам (Crespo and others, 2018).

3. Выгруженные уловы беспозвоночных

Объем вылова морских беспозвоночных вырос с примерно 12,4 млн тонн в 2012 году до 12,5 млн тонн в 2017 году, что соответствует темпам роста всего лишь на 0,1 процента в год. Выгруженные

уловы морских беспозвоночных включали ряд различных видов организмов, в том числе мягкотелых (кальмаров, осьминогов и моллюсков), ракообразных (креветок, крабов, омаров и кри-

ля), иглокожих (морских ежей и морских огурцов) и оболочников, и в 2017 году на их долю

приходилось около 15,5 процента от общемирового объема выгруженных уловов (FAO, 2019a).

4. Уровни прилова и косвенное воздействие

Имелось немного временных периодов для документирования тенденций в области прилова (ICES, 2018a). Из-за нормативных ограничений или низкого качества пойманная или поврежденная рыба, не являвшаяся объектом промысла, часто выбрасывалась. По оценкам, в 2019 году глобальный объем выбросов рыбы составил 10,8 процента общемирового улова (дан-

ные за 2010–2014 годы), то есть 9,1 млн тонн (в диапазоне от 6,7 млн тонн до 16,1 млн тонн) (Pérez Roda and others, 2019). Политика и меры в области хозяйствования совершенствуются, с тем чтобы можно было не только регулировать воздействие на виды, являющиеся объектом промысла, но и учитывать воздействие на другие виды (ICES, 2019).

5. Послепромысловые рыбные потери

Послепромысловые рыбные потери — это выловленная рыба, которая потеряла часть своей стоимости из-за ухудшения ее качества, что сделало ее несъедобной или не пригодной для продажи (Diei-Ouadi and Mgawe, 2011). Такие потери представляют собой проблему, особенно для мелкого рыболовства, когда возможности хранения, обработки и транспортировки ограничены. Согласно последней глобальной оценке, объ-

ем невыброшенных послепромысловых рыбных потерь составил 10–12 млн тонн в год (Manning, 2010). Более поздние исследования таких потерь охватывали только местное рыболовство (особенно в Африке и Азии), по итогам которых было установлено, что объем потерь был меньше у более опытных рыбаков, у лиц с более высоким уровнем образования и у более крупных домохозяйств (например, Adelaja and others, 2018).

6. Потенциал для развития рыболовства

Воспроизводство рыбных запасов, более известное как улучшение рыбных запасов, включает в себя комплекс управленческих подходов, предусматривающих использование технологий аквакультуры, программ в области морского рыболовства, строительство искусственных рифов, а также высвобождение икринок и рыбных личинок для восстановления рыбных запасов, в которых наблюдалось сокращение популяции. Эта

наука всё еще находится на начальных стадиях развития, но уже обещает предложить определенные способы увеличения рыбной добычи сверх того уровня, который достижим за счет эксплуатации одних только запасов дикой фауны, хотя понимание соответствующих экологических последствий еще в полной мере не сформировалось (Taylor and others, 2017).

7. Использование белка и жиров морепродуктов в сельском хозяйстве и аквакультуре

Рыбная мука использовалась в аквакультуре и животноводстве в качестве корма, а рыбий жир — в качестве кормовой добавки. Количество цельной рыбы, используемой в качестве сырья, «уменьшается» при готовке, прессовании и подогреве, и соотношение цельной рыбы к рыбной муке составляет примерно 22–23 процента, а со-

отношение цельной рыбы к рыбьему жиру — примерно 4–5 процентов. В 2016 году общемировой объем выгруженных уловов цельной рыбы для этих целей составил 14,3 млн тонн (FAO, 2018b). В 2016 году общемировой объем производства рыбной муки составил 4,4 млн тонн, а рыбьего жира — 0,9 млн тонн. В 2016 году 69 процентов

рыбной муки и 75 процентов рыбьего жира использовались в аквакультуре. Что касается сельского хозяйства, то 23 процента рыбной муки использовалось в свиноводстве, 5 процентов — в птицеводстве и 3 процента — для других целей.

Аквакультурные корма для креветок или рыб (см. гл. 16) состоят из рыбной муки и рыбьего жира, семян масличных культур (особенно сои) и побочных продуктов переработки других рыбных продуктов (Silva and others, 2018). По оценкам, в 2018 году общий объем производства аквакультурных кормов составил 40,1 млн тонн (Alltech, 2019), в результате чего компонент, приводящий к сокращению рыбных запасов, составил менее 15 процентов от общего объема. Ожидалось, что к 2020 году его доля составит менее

10 процентов (Fry and others, 2016). В 2016 году 19 процентов общемирового производства рыбной муки было получено из рыбных субпродуктов (Institute of Aquaculture, 2016). Согласно прогнозам, к 2025 году этот показатель возрастет до 38 процентов (FAO, 2018b).

Промышленная добыча криля велась в Южном океане и некоторых других регионах для производства рыбной мукой и рыбьего жира (European Market Observatory for Fishery and Aquaculture Products, 2018). Для тех же целей был исследован промысел мезопелагических рыб, но затраты на их добычу были признаны высокими, а экологические последствия их эксплуатации еще не полностью проанализированы (Hidalgo and Browman, 2019).

8. Незаконный, несообщаемый и нерегулируемый рыбный промысел

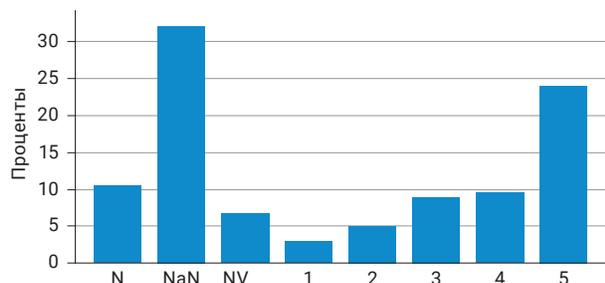
Незаконный, несообщаемый и нерегулируемый рыбный промысел подрвал усилия по устойчивому управлению рыболовством, увеличив риски для 4,3 миллиарда человек, зависящих от промысла белка (FAO, 2016d), усугубив нищету, обострив проблему отсутствия продовольственной безопасности и потенциально помешав усилиям по выполнению некоторых задач в рамках целей в области устойчивого развития (FAO, 2016b). Считается, что в 2016 году на незаконный, несообщаемый и нерегулируемый рыбный промысел приходилось до 26 млн тонн годового вылова при валовой стоимости выгруженного улова до 23 млрд долл. США (FAO, 2016c). Несколько международно-правовых документов включают меры, касающиеся ликвидации субсидий на незаконный, несообщаемый и нерегулируемый рыбный промысел, и в рамках показателя 14.6.1 отслеживалось выполнение этих документов на государственном, региональном и глобальном уровнях (см. рисунок II). Во всем мире общий показатель выполнения применимых документов был умеренным (т.е. относился к диапазону 3). В ВТО продолжались переговоры о применении мер международной торговли для ликвидации субсидий на незаконный, несообщаемый и нерегулируемый рыбный промысел (и для запрещения некоторых других форм субсидий), при этом

ожидалось, что договоренность будет достигнута в 2020 году (WTO, 2020).

В тех случаях, когда вылов судов, занимающихся незаконным, несообщаемым и нерегулируемым рыбным промыслом, содействовал незаконной торговле морепродуктами, возникали значительные экономические и социальные последствия. В частности, использование рыбы вне законной торговли привело, по оценкам, к общемировым ежегодным экономическим потерям для государств в размере 26–50 млрд долл. США и потерям налоговых поступлений для государств в размере 2–4 млрд долл. США (Sumaila and others, 2020).

Незаконный промысел также связан с подделкой морепродуктов (Miller and Sumaila, 2016) и, как было установлено, с незаконным оборотом наркотиками, торговлей людьми и принудительным трудом (United Nations, 2017; Tickler and others, 2019). Точные цифры определить трудно, однако, по оценкам Международной организации труда, значительная часть людей из 21 миллиона человек в мире, вынужденных заниматься принудительным трудом, занята в мировой рыбной промышленности, включая аквакультуру (FAO and International Labour Organization, 2013; International Labour Organization, 2016; Cavalli and others, 2019). Использование принудительного

Рисунок II
Показатель задачи 14.6 целей в области устойчивого развития



Примечание. Показатель в рамках задачи 14.6 направлен на то, чтобы к 2020 году «запретить некоторые формы субсидий для рыбного промысла, содействующие созданию чрезмерных мощностей и перелову, отменить субсидии, содействующие незаконному, несообщаемому и нерегулируемому рыбному промыслу, и воздерживаться от введения новых таких субсидий, признавая, что надлежащее и эффективное применение особого и дифференцированного режима в отношении развивающихся и наименее развитых стран должно быть неотъемлемой частью переговоров по вопросу о субсидировании рыбного промысла, которые ведутся в рамках ВТО». Если говорить более конкретно, то на рисунке представлена (по состоянию на 30 июня 2020 года) доля 199 юрисдикций ФАО (главным образом государств), демонстрирующих различную степень осуществления международно-правовых документов, направленных на ликвидацию практики субсидий, способствующих незаконному, несообщаемому и нерегулируемому рыбному промыслу. Основываясь на ответах на вопросник, ось x отражает показатели осуществления применимых правовых документов, которые варьируются от «неприменимо» (N), например, в случае страны, не имеющей выхода к морю, «отсутствие ответа» (NaN); или «метод расчета неизвестен» или «не подтверждено национальной статистической системой глобальной отчетности» (NV) до очень низкого (1), низкого (2), умеренного (3), высокого (4) и очень высокого (5). Существует шесть применимых правовых документов; для определения базовых показателей, приписываемых каждому государству, ФАО присвоила этим документам определенный вес, который зависит от их актуальности в контексте задачи 14.6.

Сокращения: N — неприменимо; NaN — отсутствие ответа; NV — не подтверждено.

Источник: (FAO, 2020d).

труда в промыслах развитых государств считалось редким явлением, однако выяснилось, что потребители в развитых государствах закупали морепродукты у производителей, которые использовали принудительный труд (Tickler and others, 2019).

В июне 2016 года вступило в силу Соглашение о мерах государства порта по предупреждению, сдерживанию и ликвидации незаконного, несообщаемого и нерегулируемого промысла⁵, которое стало первым обязательным к исполнению международным соглашением, направленным конкретно на борьбу с незаконным, несообщаемым и нерегулируемым рыбным промыслом. Ожидается, что эффективное осуществление Соглашения будет способствовать долгосрочному сохранению и устойчивому использованию живых морских ресурсов и морских экосистем (FAO, 2016b). По состоянию на 30 июня 2020 года в глобальном масштабе в Соглашении участвовало 61 государство. Основной целью Соглашения являются предупреждение, сдерживание и ликвидация незаконного, несообщаемого и нерегулируемого промысла путем недопущения выгрузки уловов судами, занимающимися незаконным, несообщаемым и нерегулируемым рыбным промыслом, в портах государств-участников. Поэтому ожидается, что Соглашение ослабит стимулы таких судов к дальнейшей деятельности, а также предотвратит поступление на национальные и международные рынки рыбопродукции, полученной в результате незаконного, несообщаемого и нерегулируемого промысла.

9. Перспективы

Эмпирические данные наряду с результатами моделирования прогресса в рыболовстве свидетельствуют о том, что эффективное хозяйствование может способствовать пополнению рыбных запасов, повышению уловов и ресурсной ренты, а также улучшению положения в области продовольственной безопасности в развивающихся государствах. Однако отсутствие эффективного и устойчивого управления в некоторых рыбопромысловых районах мира свидетельствовало о том, что на них по-прежнему негативно сказыва-

⁵ См. www.fao.org/port-state-measures/resources/detail/en/c/1111616.

лись чрезмерная эксплуатация, продолжающееся субсидирование, незаконный, несообщаемый и нерегулируемый рыбный промысел, незаконная торговля, прилов и выброс рыбы, ухудшение состояния среды обитания в результате донного траления, послепромысловые рыбные потери и оставление орудий лова. Доля общемировых морских промысловых рыбных запасов, относимых к категории «подвергающихся максимальному устойчивому вылову», продолжала расти, но при этом росла и доля рыбных запасов, которые, как считается, «подвергаются перелову».

Продолжались значительные усилия (в том числе международные переговоры под эгидой ВТО), направленные на запрещение выплаты некоторых субсидий рыболовным судам и ликвидацию субсидий на незаконный, несообщаемый и

нерегулируемый рыбный промысел. Кроме того, вступило в силу Соглашение о мерах государства порта, направленное на смягчение последствий выгрузки уловов, полученных в результате незаконного, несообщаемого и нерегулируемого рыбного промысла, однако его принятие государствами было неполным.

Глобальное изменение климата уже привело к сдвигам в распределении и численности популяций рыб, и ожидалось, что эти сдвиги будут продолжаться или ускоряться. Ученые ожидают, что даже при надлежащем управлении, ведущем к восстановлению запасов, негативные последствия изменения климата будут препятствовать прогрессу в обеспечении устойчивости морского промыслового рыболовства.

10. Основные пробелы в знаниях

Изменения в структурах и функционировании морских экосистем происходят все чаще в результате антропогенных воздействий, включая перелов, загрязнение нутриентами и изменение климата. Что касается последнего, то понимание того, в какой степени изменение климата приводит к перераспределению коммерчески значимых запасов или потенциально необратимым сдвигам в структуре и процессах морских экосистем, особенно ограничено. Развивающиеся государства, которые зависят от рыболовства для обеспечения продовольственной безопасности, питания и экспорта, как ожидалось, пострадают сильнее, чем государства с более диверсифицированной экономикой, однако эта гипотеза нуждается в более тщательном изучении.

Необходимо сформировать более глубокое понимание потенциала миграции промысловых запасов в центральную часть Северного Ледовитого океана (см. гл. 7), а также коммерческой ценности и экологического значения других, пока не эксплуатируемых запасов в глубоководной среде, например в мезопелагической зоне.

По прогнозам ученых, улучшения в управлении рыбным хозяйством, включая применение эффективных инструментов управления, приведут к увеличению биомассы и биоразнообразия, что потенциально позволит океаническим экосистемам адаптироваться к глобальному изменению климата, однако среди ученых пока нет единого мнения о том, могут ли восстановленные экосистемы взять на себя свои прежние функции.

11. Основные пробелы в формировании потенциала

Восстановление рыбных запасов остается одной из первоочередных задач государств и международных организаций, однако финансовые ресурсы для проведения научных оценок запасов и осуществления эффективных мер по сохранению и управлению нуждаются в дальнейшей поддержке и укреплении во многих рыбных хозяйствах, особенно в развивающихся государствах. Вместе с тем при надлежащем управлении, согласно выводам наиболее оптимистич-

ных исследований, средний период времени, необходимый для восстановления рыбных запасов, подвергавшихся перелову, может составлять менее десяти лет, а в случае проведения реформ, которые будут содействовать устойчивому управлению, значительную долю таких запасов можно будет к середине XXI века считать здоровой.

Справочная литература

- Adelaja, Olusumbo Adeolu, and others (2018). Assessment of post-harvest fish losses Croaker *Pseudolithus elongatus* (Bowdich, 1825), Catfish *Arius heudeloti* (Valenciennes, 1840) and Shrimp *Nematopalaemon hastatus* (Aurivillius, 1898) in Ondo State, Nigeria. *Aquaculture and Fisheries*, vol. 3, No. 5, pp. 209–216. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.05.002>.
- Alltech (2019). 2019 Alltech Global Feed Survey estimates world feed production increased by 3 per cent to 1.103 billion metric tons. www.alltech.com/press-release/2019-alltech-global-feed-survey-estimates-world-feed-production-increased-3-percent.
- Armitage, Derek, and others (2017). *Governing the Coastal Commons*. Taylor and Francis.
- Barange, M., and others (2014). Impacts of climate change on marine ecosystem production in societies dependent on fisheries. *Nature Climate Change*, vol. 4, No. 3, pp. 211–216.
- Basurto, Xavier, and others (2017). *Improving our knowledge on small-scale fisheries: data needs and methodologies*. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings, No. 56. Rome. www.fao.org/3/a-i8134e.pdf.
- Berkes, Fikret, and Helen Ross (2013). Community resilience: toward an integrated approach. *Society and Natural Resources*, vol. 26, No. 1, pp. 5–20.
- Bryndum-Buchholz, Andrea, and others (2018). Twenty-first-century climate change impacts on marine animal biomass and ecosystem structure across ocean basins. *Global Change Biology*, vol. 25, No. 2, pp. 459–472.
- Bundy, Alida, and others (2017). Strong fisheries management and governance positively impact ecosystem status. *Fish and Fisheries*, vol. 18, No. 3, pp. 412–439.
- Cai, Junning, and others (2019). *Understanding and measuring the contribution of aquaculture and fisheries to gross domestic product (GDP)*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 606. Rome. www.fao.org/3/CA3200EN/ca3200en.pdf.
- Cavalli, Lissandra, and others (2019). Scoping global aquaculture occupational safety and health. *Journal of Agromedicine*. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2019.1655203>.
- Cheung, William W.L., and others (2019). Future scenarios and projections for fisheries on the high seas under a changing climate. Working Paper. London: International Institute for Environment and Development. <http://pubs.iied.org/16653IIED>.
- Cohen, Philippa, and others (2019). Securing a just space for small-scale fisheries in the blue economy. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 171.
- Costello, Christopher, and others (2016). Global fishery prospects under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 113, No. 18, pp. 5125–5129. <https://doi.org/10.1073/pnas.1520420113>.
- Crespo, Guillermo Ortuño, and Daniel C. Dunn (2017). A review of the impacts of fisheries on open-ocean ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 9, pp. 2283–2297. <https://doi.org/10.1093/ices-jms/fsx084>.
- Crespo, Guillermo Ortuño, and others (2018). The environmental niche of the global high seas pelagic longline fleet. *Science Advances*, vol. 4, No. 8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat3681>.
- Crona, B.I., and others (2015). Using social-ecological syndromes to understand impacts of international seafood trade on small-scale fisheries. *Global Environmental Change*, vol. 35, pp. 162–175. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.07.006>.
- Cullis-Suzuki, Sarika, and Daniel Pauly (2010). Failing the high seas: a global evaluation of regional fisheries management organizations. *Marine Policy*, vol. 34, No. 5, pp. 1036–1042. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.03.002>.
- Delpeuch, Claire, and Barbara Hutniczak (2019). Encouraging policy change for sustainable and resilient fisheries, No. 127. <https://doi.org/10.1787/31f15060-en>.
- Diei-Ouadi, Yvette, and Yahya I. Mgawe (2011). *Post-harvest fish loss assessment in small-scale fisheries: a guide for the extension officer*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 559. Rome. www.fao.org/3/i2241e/i2241e.pdf.

- Ding, Qi, and others (2017). Vulnerability to impacts of climate change on marine fisheries and food security. *Marine Policy*, vol. 83, pp. 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.011>.
- Eigaard, Ole R., and others (2017). The footprint of bottom trawling in European waters: distribution, intensity, and seabed integrity. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 3, pp. 847–865. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw194>.
- European Market Observatory for Fishery and Aquaculture Products (2018). *Blue Bioeconomy: Situation Report and Perspectives*. Brussels: Directorate General for Maritime Affairs and Fisheries, European Commission. www.eumofa.eu/documents/20178/84590/Blue+bioeconomy_Final.pdf.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2015). Voluntary Guidelines for Securing Sustainable Small-Scale Fisheries in the Context of Food Security and Poverty Eradication. Rome. www.fao.org/voluntary-guidelines-small-scale-fisheries/ihh/en.
- _____ (2016a). *Global Implications of Illegal, Unreported and Unregulated (IUU) Fishing*. Rep. No. NIC WP 2016-02. Rome.
- _____ (2016b). *Illegal, Unreported and Unregulated Fishing*. Rome. www.fao.org/3/a-i6069e.pdf.
- _____ (2016c). *The FAO Agreement on Port State Measures (PSMA) to Prevent, Deter and Eliminate Illegal, Unreported and Unregulated Fishing*. Rome. www.fao.org/port-state-measures/en.
- _____ (2016d). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016*. Rome. www.fao.org/3/a-i5555e.pdf.
- _____ (2018a). *Implementation of the 1995 FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries*. Rome. www.fao.org/fishery.
- _____ (2018b). = *Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2018 – Достижение целей устойчивого развития*. Рим. www.fao.org/publications/card/en/c/19540RU.
- _____ (2019a). *Fishery and Aquaculture Statistics 2017*. Rome. www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2017_USBcard/index.htm.
- _____ (2019b). *The State of Food Security and Nutrition in the World: Safeguarding against Economic Slow-Downs and Downturns*. Rome. www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en.
- _____ (2020a). = *Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020*. Рим. www.fao.org/3/ca9229ru/CA9229RU.pdf.
- _____ (2020b). = *Цели в области устойчивого развития: показатель 14.4.1 - Доля рыбных запасов, находящихся в биологически устойчивых пределах*. Рим. www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1441/ru.
- _____ (2020c). *Sustainable Development Goals: Indicator 14.7.1: Sustainable fisheries as a percentage of GDP in small island developing States, least developed countries and all countries*. Rome. www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1471/en.
- _____ (2020d). *Цели в области устойчивого развития: показатель 14.6.1 - Степень соблюдения международно-правовых документов по борьбе с незаконным, несообщаемым и нерегулируемым рыбным промыслом*. Рим: ФАО. www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1461/ru.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and International Labour Organization (ILO) (2013). *Guidance on Addressing Child Labour in Fisheries and Aquaculture*. Rome. ISBN 978-92-5-107709-2.
- Fry, Jillian P., and others (2016). Environmental health impacts of feeding crops to farmed fish. *Environment International*, vol. 91, pp. 201–214. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.022>.
- Garcia, Serge M., and others, eds. (2018). *Rebuilding of marine fisheries – Part 1: Global review*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 630/1. Rome. www.fao.org/3/ca0161en/CA0161EN.pdf.
- Golden, Christopher D., and others (2016). Nutrition: fall in fish catch threatens human health. *Nature News*, vol. 534, No. 7607, p. 317.
- Harrison, J. (2019). Key challenges relating to the governance of regional fisheries. In *Strengthening International Fisheries Law in an Era of Changing Oceans*, Richard Caddell and Erik J. Molenaar, eds. New York: Hart Publishing.
- Hidalgo, Manuel, and Howard I. Browman (2019). Developing the knowledge base needed to sustainably manage mesopelagic resources. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 76, No. 3, pp. 609–615. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz067>.

- Hiddink, Jan Geert, and others (2017). Global analysis of depletion and recovery of seabed biota after bottom trawling disturbance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 114, No. 31, pp. 8301–8306. <https://doi.org/10.1073/pnas.1618858114>.
- Hilborn, Ray, and Chris Costello (2018). The potential for blue growth in marine fish yield, profit and abundance of fish in the ocean. *Marine Policy*, vol. 87, pp. 350–355. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.02.003>.
- Hilborn, Ray, and others (2020). Effective fisheries management instrumental in improving fish stock status. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 117, No. 4, pp. 2218–2224. <https://doi.org/10.1073/pnas.1909726116>.
- Ingeman, Kurt E., and others (2019). Ocean recoveries for tomorrow's Earth: hitting a moving target. *Science*, vol. 363, No. 6425. <https://doi.org/10.1126/science.aav1004>.
- Institute of Aquaculture (2016). *Project to Model the Use of Fisheries By-Products in the Production of Marine Ingredients, with Special Reference to the Omega 3 Fatty Acids EPA and DHA*. Stirling, Scotland: University of Stirling and IFFO The Marine Ingredients Organisation.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2019). Summary for policymakers. In *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, Hans-Otto Pörtner and others, eds. Monaco: IPCC, 51st session, working groups I and II (24 September 2019).
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES) (2018a). *Report from the Working Group on Bycatch of Protected Species (WGBYC)*. Reykjavik, Iceland, 1–4 May 2018. ICES CM 2018/ACOM:25.
- _____ (2018b). *Report of the Working Group on Ecosystem Effects of Fishing Activities (WGECO)*. San Pedro Del Pinatar, Spain, 12–19 April 2018. ICES CM 2018/ACOM:27.
- _____ (2019). *Ecosystem Overviews*. www.ices.dk/community/advisory-process/Pages/Ecosystem-overviews.aspx.
- International Labour Organization (ILO) (2016). *Fishers first-good practices to end labour exploitation at sea*. Geneva. ISBN: 978-92-2-131290-1.
- Johnson, Derek S., and others (2018). *Social Wellbeing and the Values of Small-Scale Fisheries*. Springer.
- Kramer, Daniel B., and others (2017). Coastal livelihood transitions under globalization with implications for trans-ecosystem interactions. *PLOS One*, vol. 12, No. 10, pp. 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186683>.
- Kroodsmas, David A., and others (2018). Tracking the global footprint of fisheries. *Science*, vol. 359, No. 6378, p. 904. <https://doi.org/10.1126/science.aao5646>.
- Lam, Vicky W.Y., and others (2016). Projected change in global fisheries revenues under climate change. *Scientific Reports*, vol. 6, No. 1, art. 32607. <https://doi.org/10.1038/srep32607>.
- Long, Rachel D., and others (2015). Key principles of marine ecosystem-based management. *Marine Policy*, vol. 57, pp. 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.01.013>.
- Lotze, Heike K., and others (2019). Global ensemble projections reveal trophic amplification of ocean biomass declines with climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 116, No. 26, pp. 12907–12912. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900194116>.
- Macfadyen, G., and others (2019). *IUU Fishing Index*. Hampshire, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland: Poseidon Aquatic Resource Management Limited and The Global Initiative Against Transnational Organized Crime. www.iuufishingindex.net.
- Manning, P. (2010). *Fisheries and Aquaculture Topics: Food Security and Fisheries. Topics Fact Sheets*. Rome: FAO.
- Marshall, Kristin N., and others (2018). Ecosystem-based fisheries management for social–ecological systems: renewing the focus in the United States with next generation fishery ecosystem plans. *Conservation Letters*, vol. 11, No. 1, p. e12367. <https://doi.org/10.1111/conl.12367>.
- McCauley, Douglas J., and others (2018). Wealthy countries dominate industrial fishing. *Science Advances*, vol. 4, No. 8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau2161>.
- Miller, Dana D., and U. Rashid Sumaila (2016). Chapter 4: IUU Fishing and Impact on the Seafood Industry. In *Seafood Authenticity and Traceability*, Amanda M. Naaum and Robert H. Hanner, eds., pp. 83–95. San Diego: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801592-6.00004-8>.

- Neubauer, Philipp, and others (2013). Resilience and recovery of overexploited marine populations. *Science*, vol. 340, No. 6130, pp. 347–349.
- Neuenhoff, Rachel D., and others (2019). Continued decline of a collapsed population of Atlantic cod (*Gadus morhua*) due to predation-driven Allee effects. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* vol. 76, pp. 168–184. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0190>.
- Palomares, Maria L.D., and Daniel Pauly (2019a). On the creeping increase of vessels' fishing power. *Ecology and Society* vol. 24, No. 3, art. 31. <https://doi.org/10.5751/ES-11136-240331>.
- _____ (2019b). Coastal fisheries: the past, present, and future. In *Coasts and Estuaries: The Future*, Eric Wolanski and others, eds., pp. 569–576. Amsterdam: Elsevier.
- Patrick, Wesley S., and Jason S. Link (2015). Myths that continue to impede progress in ecosystem-based fisheries management. *Fisheries*, vol. 40, No. 4, pp. 155–160. <https://doi.org/10.1080/03632415.2015.1024308>.
- Pauly, Daniel, and Dirk Zeller (2016). Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature Communications*, vol. 7, No. 1, art. 10244. <https://doi.org/10.1038/ncomms10244>.
- Pentz, Brian, and others (2018). Can regional fisheries management organizations (RFMOs) manage resources effectively during climate change? *Marine Policy*, vol. 92, pp. 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.01.011>.
- Pérez, Roda, and others (2019). *A third assessment of global marine fisheries discards*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 633. Rome.
- Pinsky, Malin L., and others (2018). Preparing ocean governance for species on the move. *Science*, vol. 360, No. 6394, pp. 1189–1191. <https://doi.org/10.1126/science.aat2360>.
- Priede, Imants G. (2017). *Deep-Sea Fishes: Biology, Diversity, Ecology and Fisheries*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316018330>.
- Queiroz, Nuno, and others (2019). Global spatial risk assessment of sharks under the footprint of fisheries. *Nature*, vol. 572, pp. 461–466. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1444-4>.
- Remesan, M.P., and others (2019). A review on techniques and challenges in the harvest of mesopelagics. *Fishery Technology*, vol. 56, pp. 243–253.
- Rousseau, Yannick, and others (2019). Evolution of global marine fishing fleets and the response of fished resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 116, No. 25, pp. 12238–12243. <https://doi.org/10.1073/pnas.1820344116>.
- Said, Alicia, and Ratana Chuenpagdee (2019). Aligning the sustainable development goals to the small-scale fisheries guidelines: a case for EU fisheries governance. *Marine Policy*, vol. 107, art. 103599. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103599>.
- Sala, Enric, and others (2018). The economics of fishing the high seas. *Science Advances*, vol. 4, No. 6. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2504>.
- Samhuri, Jameal F., and others (2017). Defining ecosystem thresholds for human activities and environmental pressures in the California Current. *Ecosphere*, vol. 8, No. 6, p. e01860. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1860>.
- Schiller, Laurence, and others (2018). High seas fisheries play a negligible role in addressing global food security. *Science Advances*, vol. 4, No. 8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat8351>.
- Schuhbauer, Anna, and U. Rashid Sumaila (2016). Economic viability and small-scale fisheries: a review. *Ecological Economics*, vol. 124, pp. 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.01.018>.
- Schuhbauer, Anna, and others (2017). How subsidies affect the economic viability of small-scale fisheries. *Marine Policy*, vol. 82, pp. 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.013>.
- Selkoe, Kimberly A., and others (2015). Principles for managing marine ecosystems prone to tipping points. *Ecology and Sustainability*, vol. 1, No. 5, pp. 1–18. <https://doi.org/10.1890/EHS14-0024.1>.
- Shaffril, Hayrol Azril Mohamed, and others (2017). Adapting towards climate change impacts: strategies for small-scale fishermen in Malaysia. *Marine Policy*, vol. 81, pp. 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.03.032>.
- Silva, Catarina Basto, and others (2018). Life cycle assessment of aquafeed ingredients. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 23, No. 5, pp. 995–1017. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1414-8>.

- Song, Andrew M., and Adam Soliman (2019). Situating human rights in the context of fishing rights: contributions and contradictions. *Marine Policy*, vol. 103, pp. 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.017>.
- Sumaila, U. Rashid, and others (2012). Benefits of rebuilding global marine fisheries outweigh costs. *PLOS One*, vol. 7, No. 7.
- Sumaila, U. Rashid, and others (2015). Winners and losers in a world where the high seas is closed to fishing. *Scientific Reports*, vol. 5, No. 1, art. 8481. <https://doi.org/10.1038/srep08481>.
- Sumaila, U. Rashid, and others (2019a). Updated estimates and analysis of global fisheries subsidies. *Marine Policy*, vol. 109, art. 103695. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103695>.
- Sumaila, U. Rashid, and others (2019b). Benefits of the Paris Agreement to ocean life, economies, and people. *Science Advances*, vol. 5, No. 2, p. eaau3855. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau3855>.
- Sumaila, U. Rashid, and others (2020). Illicit trade in marine fish catch and its effects on ecosystems and people worldwide. *Science Advances*, vol. 6, p. eaaz3801. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz3801>.
- Sustainable Development Solutions Network (2019). "Target 14.4". *Indicators and a Monitoring Framework: Launching a Data Revolution for the Sustainable Development Goals*. New York. <https://indicators.report>.
- Tai, Travis C., and others (2017). Ex-vessel fish price database: disaggregating prices for low-priced species from reduction fisheries. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 363. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00363>.
- Taylor, Matthew D., and others (2017). Fisheries enhancement and restoration in a changing world. *Fisheries Research*, vol. 186, pp. 407–412. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.10.004>.
- Tickler, David, and others (2018). Far from home: distance patterns of global fishing fleets. *Science Advances*, vol. 4, No. 8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aar3279>.
- Tickler, David, and others (2019). Modern slavery and the race to fish. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, art. 4643. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07118-9>.
- Too Big to Ignore (2020). *Global Partnership for Small-Scale Fisheries Research*. <http://toobigtoignore.net>.
- United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- United Nations (2019a), Economic and Social Council. Special edition: progress towards the Sustainable Development Goals. Report of the Secretary-General. 8 May 2019 (E/2019/68). New York. <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2019/secretary-general-sdg-report-2019-EN.pdf>.
- United Nations (2019b), Statistics Division. *The Sustainable Development Goals Report 2019*. New York. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/goal-14>.
- Van Gemert, Rob, and Ken H. Andersen (2018). Challenges to fisheries advice and management due to stock recovery. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 75, No. 6, pp. 1864–1870. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy084>.
- Watson, Reg A., and A. Tidd (2018). Mapping nearly a century and a half of global marine fishing, 1869–2015. *Marine Policy*, vol. 93, pp. 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.04.023>.
- Willmann, Rolf, and others (2017). A human rights-based approach in small-scale fisheries: evolution and challenges in implementation. In *The Small-Scale Fisheries Guidelines*, S. Jentoft and others, eds., pp. 763–787. Springer.
- World Bank (2017). *The Sunken Billions Revisited: Progress and Challenges in Global Marine Fisheries*. Washington, D.C. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0919-4>.
- World Bank, and others (2012). *Hidden Harvest: The Global Contribution of Capture Fisheries (English)*. Washington, D.C.: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0919-4>.
- World Trade Organization (WTO) (2020). *Negotiations on fisheries subsidies 2020*. Geneva. www.wto.org/english/tratop_e/rulesneg_e/fish_e/fish_e.htm.
- Zeller, Dirk, and others (2018). Global marine fisheries discards: a synthesis of reconstructed data. *Fish and Fisheries*, vol. 19, No. 1, pp. 30–39. <https://doi.org/10.1111/faf.12233>.

Глава 16

Изменения

в аквакультуре

Участники: Рохана Субасингхе (координатор), Педро Барон, Малколм Беверидж, Энрике Маршофф (ведущий участник) и Дорис Олива.

Ключевые тезисы

- Общемировой объем производства продукции аквакультуры в 2017 году (животные и растения) составил 111,9 млн тонн при оценочной стоимости первой продажи 249,6 млрд долл. США. С 2000 года в мировой аквакультуре более не наблюдалось высоких годовых темпов роста как в 1980-х и 1990-х годах (11,3 процента и, соответственно, 10,0 процента). Тем не менее аквакультура продолжает расти быстрее других основных секторов, занимающихся производством продовольствия. В период 2000–2016 годов ежегодные темпы роста снизились до умеренных 5,8 процента, хотя в период 2006–2010 годов в небольшом числе стран, особенно в Африке, они по-прежнему выражались двузначными числами. Рыба, производимая этим быстрорастущим сектором, отличается высоким содержанием белка и содержит необходимые питательные микроэлементы и иногда незаменимые жирные кислоты, которые не могут быть легко замещены другими продовольственными товарами.
- По прогнозам Организации Объединенных Наций, в 2030 году численность населения мира достигнет 8,5 миллиарда человек. Это неизбежно усилит давление на продовольственные сектора — необходимо будет

увеличить объем производства и сократить потери и отходы. Увеличение объема производства должно сопровождаться обеспечением устойчивости в связи с тем, что ключевые ресурсы, в частности земельные и водные ресурсы, скорее всего, будут более ограниченными, а последствия изменения климата будут усиливаться. Аквакультура не является исключением. Успех в достижении долгосрочной цели обеспечения экономической, социальной и экологической устойчивости сектора аквакультуры в интересах обеспечения его постоянного вклада в производство питательных продуктов питания для поддержания здоровья населения мира будет зависеть в первую очередь от постоянных обязательств правительств по разработке и поддержке системы надлежащего управления этим сектором. По мере дальнейшего расширения, интенсификации и диверсификации сектора следует признавать соответствующие экологические и социальные проблемы и прилагать сознательные и подкрепленные научными рекомендациями усилия для их решения на транспарентной основе.

1. Текущее состояние и основные улучшения

В настоящем разделе дается оценка основных глобальных изменений и улучшений в секторе аквакультуры за прошедшее десятилетие и описывается его нынешнее состояние.

1.1. Производство и виды

Аквакультура растет быстрее, чем другие сектора производства продовольствия, хотя уже не такими темпами, как в 1980-е и 1990-е годы (11,3 процента и, соответственно, 10,0 процента, за исключением водных растений). В период 2000–2016 годов среднегодовые темпы роста снизились до умеренных 5,8 процента, хотя в период 2006–2010 годов в ряде стран, особенно в Африке, они превышали этот показатель (Food

and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018a). В 2016 году общемировое производство включало 80 млн тонн промысловой рыбы, 30,1 млн тонны водных растений и 37 900 тонн непродовольственных продуктов. Производство продуктов питания включало 54,1 млн тонн рыбы, 17,1 млн тонн моллюсков, 7,9 млн тонн ракообразных и 938 500 тонн других животных. Китай, ставший в 2016 году крупнейшим производителем аквакультуры, с 1991 года производит больше, чем весь остальной мир. Другими крупными производителями в 2016 году были Индия, Индонезия, Вьетнам, Бангладеш, Египет и Норвегия. Водные растения (28 млн тонн) включали морские водоросли и — в значительно меньшем объеме —

микроводоросли. В 2016 году основными производителями водных растений были Китай и Индонезия (FAO, 2018b). Декоративные виды рыб и растений в данный обзор не включены.

1.2. Люди и питание

Согласно данным официальной глобальной статистики, в 2016 году в первичном секторе промышленного рыболовства и аквакультуры было занято 59,6 миллиона человек: 19,3 миллиона человек — в секторе аквакультуры и 40,3 миллиона человек — в секторе рыболовства (FAO, 2018b). В производственно-сбытовой цепочке в секторе аквакультуры, помимо первичных производителей, участвуют и многие другие люди. Этот сектор обеспечивает средства к существованию для 540 миллионов человек, в том числе для членов их семей, или 8 процентов населения мира (FAO, 2017a). В 2014 году 19 процентов всех лиц, занятых в первичном секторе, составляли женщины (FAO, 2016).

Вклад аквакультуры в питание человека признается в полной мере (Chan and others, 2017; High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition, 2014). Аквакультура улучшает качество питания сельской бедноты, особенно матерей и маленьких детей (Thilsted and others, 2016), хотя существуют опасения в отношении того, что рост сектора и интенсификация применяемых методов производства могут привести к снижению доступности определенных жирных кислот и микроэлементов (Bogard and others, 2017). Принимая во внимание рост численности населения мира и важность здорового питания, Бене и др. (Béné and others, 2016) подчеркнули, что доступ к рыбе является ключевым вопросом в обеспечении здоровья населения во всем мире, особенно здоровья сельской бедноты.

1.3. Вводимые и прочие ресурсы

Земельные и водные ресурсы являются наиболее важными ресурсами для развития аквакультуры. По оценкам Джентри и др. (Gentry and others, 2017), для разведения рыбы пригодны 11 400 000 км² береговой линии, а для разведения двустворчатых моллюсков могут быть освоены более 1 500 000 км². Задача заключается в обеспечении наличия надлежащих земельных и

водных ресурсов для развития аквакультуры на национальном уровне.

Большое значение имеют хорошее качество мальков и оптимальные корма. Большинство видов животных выращиваются с использованием внешних кормов, и возможность обеспечения кормом все более расширяющийся сектор аквакультуры вызывает сомнения. В 2016 году около 55,6 млн тонн искусственно разводимой рыбы (включая индийских карпов) и ракообразных зависели от внешних кормов (состоящих из свежих ингредиентов сельскохозяйственного или коммерческого производства) (FAO, 2018b).

В 2005 году аквакультура потребляла около 4,2 млн тонн рыбной муки (18,5 процента от общей массы аквакультурных кормов). К 2015 году этот показатель сократился до 3,35 млн тонн (7 процентов от общей массы аквакультурных кормов). Даже при глобальном росте производства использование рыбной муки в качестве аквакультурного корма к 2020 году еще более сократится до 3,33 млн тонн (5 процентов от общей массы аквакультурных кормов за этот год). Усилия, направленные на производство устойчивых кормов путем замены рыбной муки и рыбьего жира растительными кормами, могут повлиять на уровень жирных кислот омега-3 и питательную ценность искусственно разводимой рыбы. Отрасль может стратегически использовать рыбий жир в рыбных кормах, прикармливая этими важнейшими элементами искусственно разводимую рыбу на ключевых этапах ее жизни. Тем не менее в условиях роста аквакультуры объем производства кормов, как ожидается, будет продолжать расти аналогичными темпами и к 2020 году составит 69 млн тонн (Hasan, 2017). С учетом прошлых тенденций и прогнозов устойчивость аквакультуры будет, скорее всего, тесно связана со стабильностью поставок белков, жиров и углеводов, получаемых от животных и растений суши и используемых в аквакультурных кормах (Troell and others, 2014). Поэтому сектор аквакультуры должен стремиться к обеспечению стабильности поставок наземных и растительных кормовых ингредиентов, в том числе водорослей и отходов переработки, которые не употребляются людьми в пищу напрямую.

1.4. Биологическая безопасность

Мировая аквакультура по-прежнему сталкивается с такой проблемой, как болезни, которые являются одним из основных факторов, сдерживающих охват многих видов аквакультурой. В этой связи во всем мире увеличиваются инвестиции с акцентом на биобезопасности и здравоохранении (Subasinghe and others, 2019). Обеспечение биобезопасности в секторе аквакультуры предусматривает применение практики, которая сводит к минимуму риск возникновения инфекционных заболеваний и их распространения среди животных на объекте, а также риск того, что заболевшие животные или возбудители инфекций покинут объект и распространятся на другие объекты и на другие восприимчивые к ним виды. Эта практика также снижает стресс для животных, делая их менее восприимчивыми к болезням.

Длинный список заболеваний/патогенов водной среды включает острый гепатопанкреатический некроз, который недавно опустошил аквакультуру креветок в азиатских странах (например, в Китае, Малайзии, Таиланде и Филиппинах). Возбудителем является вирулентный штамм *Vibrio parahaemolyticus* — бактерия, которая обычно встречается в прибрежных водах. По оценкам, потери дохода от этой болезни в Юго-Восточной Азии превысили 4 млрд долл. США. Страны должны следить за возникновением других заболеваний, таких как *Enterocytozoon hepatopenaei* у креветок и вирус озера тилапии (*Tilapia tilarpinevirus*), которые могут оказать серьезное воздействие на сектор, если не принять своевременных мер (FAO, 2017a). Новые молекулярные диагностические инструменты в настоящее время применяются для идентификации возбудителей заболеваний и схем их распределения в инкубаторных, искусственно разводимых и диких видах рыб во всем мире. Недавно разработанный микроматричный анализ используется также для изучения воздействия носителя патогена (морских вшей и вируса инфекционного некроза гемопозитической ткани) на дикого лосося.

Хотя исследования, направленные на поиск вакцин, продолжаются, новой проблемой, с которой сталкиваются страны, является ненадлежащее

применение и злоупотребление противомикробными и другими лекарственными средствами, которые приводят к попаданию остатков противомикробных препаратов в окружающую среду и появлению устойчивых патогенов. Разумное использование противомикробных препаратов и улучшение понимания роли правильного ведения сельского хозяйства и микробиоты в системах культуры имеют важное значение для сокращения использования противомикробных препаратов и соответствующих последствий для благосостояния в производстве продукции аквакультуры. После утверждения Всемирной организацией здравоохранения глобального плана действий по борьбе с устойчивостью к противомикробным препаратам¹ странам предлагается разработать национальные планы действий по борьбе с устойчивостью к противомикробным препаратам в водной среде и включить их в глобальный план действий (FAO, 2017a).

1.5. Технологии

Удалось достигнуть существенного прогресса в области генетики и селекции, как среди рыб, так и среди креветок. В качестве успешных примеров можно привести разведение креветок, не содержащих специфических патогенов, и креветок, устойчивых к специфическим патогенам (*Penaeus monodon* и *P. vannamei*), генетически улучшенную искусственно разводимую тилапию, некоторые виды карпов с улучшенными показателями роста, а также промышленное производство различных видов групперов, помпано и кобии (FAO, 2017a). Технологические усовершенствования в области производства кормов, питания, управления здравоохранением и борьбы с болезнями способствуют интенсификации, расширению и устойчивости аквакультуры (FAO, 2017a). Осуществление программ генетического улучшения идет медленными темпами, даже для некоторых основных видов аквакультуры. Осуществление таких программ обходится дорого, однако имеются свидетельства того, что государственно-частные партнерства могут играть эффективную роль в создании и поддержании долгосрочных программ (FAO, 2019). При принятии решения о введении вида в культуру сле-

¹ Всемирная организация здравоохранения, документ WHA68/2015/REC/1, приложение 3.

дует всегда учитывать возможные негативные экологические и социально-экономические последствия, а также потенциал развития культуры местных видов (Wurmann, 2019).

За прошедшие несколько лет не содержащие специфических патогенов креветки (*P. monodon* и *P. vannamei*) стали более доступны в Азии и Латинской Америке. Однако использование термина «не содержащие специфических патогенов» и злоупотребление им вызывали и будут вызывать беспокойство среди заинтересованных сторон, занимающихся аквакультурой (Alday-Sanz and others, 2018). Жизненные циклы важных видов крабов и омаров были на экспериментальной основе прекращены, однако промышленное производство их икры до сих пор остается на примитивном этапе.

Предпринимаются попытки использовать рециркуляционные аквакультурные системы для лососей, и эти попытки дали определенные положительные результаты. Использование таких систем становится стандартной практикой при производстве смолта и постсмолта в Норвегии и Чили. Ориентировочная стоимость инвестиций в комплексную систему составляет 60 млн долл.

2. Аквакультура и окружающая среда

Во многих странах особое внимание уделяется экологической устойчивости и социальной ответственности. Помимо законов, нормативных положений и добровольных кодексов, направленных на обеспечение целостности окружающей среды, некоторые средства достижения этой цели включают применение инновационных, менее загрязняющих окружающую среду методов, предусмотренных экосистемным подходом к аквакультуре, в рамках которого особое внимание уделяется управлению в целях обеспечения устойчивости (FAO, 2010) и который обеспечивает основу для планирования и управления в целях эффективной интеграции аквакультуры в процесс планирования на местном уровне (Brugère and others, 2018). Усилия по интенсификации привели к сокращению использования земельных и пресноводных ресурсов на единицу произведенной рыбы (FAO, 2017a), однако они также привели к росту потребления энергии и кормов и загрязнению на единицу искусственно разводимой рыбы (Hall and others, 2011).

США (FAO, 2017b). Другими новейшими технологиями, которые помогают свести к минимуму заболеваемость и сократить отходы, являются закрытые и полужакрытые садковые системы, которые в настоящее время разрабатываются и внедряются для выращивания лосося в Норвегии (Nilssen and others, 2017).

Трансгенный атлантический лосось "AquAdvantage" более десяти лет находился на рассмотрении Администрации по контролю за продуктами питания и лекарствами Соединенных Штатов Америки. После исчерпывающего и тщательного обзора Администрация по контролю за продуктами питания и лекарствами пришла к выводу о том, что лосось "AquAdvantage" так же безопасен для приема в пищу, как и любой атлантический лосось, не выведенный с помощью генной инженерии, и так же питателен. В ноябре 2015 года в Соединенных Штатах было наконец получено разрешение на производство и потребление такого лосося, а в 2016 году Министерство здравоохранения Канады разрешило продажу такого лосося в Канаде.

Аквакультура обвиняется в негативном экологическом и социальном воздействии (Bushman and Fortt, 2005; Isla Molleda and others, 2016) и страдает от предвзятого общественного мнения, однако с точки зрения экологической эффективности и воздействия на окружающую среду аквакультура имеет явные преимущества по сравнению с другими формами производства продуктов питания животного происхождения для потребления человеком. Для определения воздействия на окружающую среду и обеспечения экологически устойчивого развития полезно проведение оценки жизненного цикла (Bohnes and Laurent, 2019). Мясная продуктивность искусственно выращиваемой рыбы с точки зрения эффективности конверсии корма схожа с мясом птицы и намного более эффективна, чем говядина. Согласно последним оценкам, к 2050 году спрос на кормовые культуры и земельные ресурсы для аквакультуры будет ниже, чем на альтернативные системы производства продовольствия, даже если

более одной трети производства белков будет обеспечиваться за счет аквакультуры (Froehlich and others, 2018). Карпы-фильтраторы и моллюски-фильтраторы являются еще более эффективными производителями животного белка, так как они не требуют прикорма человеком и могут улучшать качество воды. Поскольку аквакультура является относительно новым сектором, она открывает широкие возможности для инноваций, направленных на повышение эффективности использования ресурсов (Waite and others, 2014). Там, где ресурсы ограничены, следует учитывать относительные преимущества политики, способствующей развитию аквакультуры по сравнению с другими формами производства продукции животноводства.

3. Аквакультура и общество

Деятельность в области рыбного хозяйства и рыболовства имеет особенно важное значение для продовольственной безопасности менее развитых стран. В 2016 году 85,7 процента населения мира, занимающегося рыболовством и аквакультурой, проживало в Азии (FAO, 2018a), что более чем на один процент больше, чем в 2014 году. Более 19 миллионов человек (32 процента от общего числа занятых в этом секторе лиц) занимались разведением рыбы, а 95,9 процента всех связанных с аквакультурой видов деятельности осуществлялось в Азии. Статистические данные наглядно свидетельствуют о важном и растущем вкладе аквакультуры в обеспечение продовольственной безопасности континента, полноценного питания и социально-экономического развития.

Было проведено несколько крупных обзоров по этому вопросу (Allison, 2011; Béné and others, 2016). Рыба позволяет как минимум на 15 процентов удовлетворить потребности примерно 4,5 миллиарда человек в животном белке. Питательные свойства рыбы делают ее важной для здоровья потребителей в развитых и развивающихся странах. Рыба является эффективным средством преобразования корма в высококачественные продукты питания, а углеродный след деятельности по ее разведению ниже, чем у других систем производства продуктов живот-

новодства. Производственно-сбытовые цепочки в секторе рыболовства и аквакультуры вносят существенный вклад в обеспечение доходов и занятости и, следовательно, косвенно способствуют обеспечению продовольственной безопасности более 10 процентов мирового населения, главным образом в развивающихся странах и странах с формирующейся рыночной экономикой (FAO, 2017a).

За прошедшее десятилетие экологические показатели, достигаемые в аквакультуре, в целом значительно улучшились. Если к 2030 году производство в секторе аквакультуры удвоится, то для обеспечения устойчивого роста сектор должен повысить производительность и улучшить экологические показатели (Waite and others, 2014). Для достижения «устойчивой интенсификации» аквакультура должна: а) содействовать социально-экономическому развитию; б) обеспечивать безопасную, доступную и питательную пищу; в) увеличивать объем производства рыбы по отношению к количеству используемых земельных и водных ресурсов, кормов и энергии; и г) сводить к минимуму воздействие на окружающую среду, заболевания рыб и покидание ими искусственной среды (FAO, 2017a).

На долю 80 миллионов тонн водных животных, выращенных в 2016 году, пришлось 46 процентов общего объема производства водных животных и чуть более 54 процентов общего объема потребления рыбы в том же году. В 2016 году потребление рыбы на душу населения оценивалось в 20,3 кг по сравнению с 19,5 кг в 2013 году (FAO, 2018b). По оценкам, в 2015 году в аквакультуре было занято 18,7 миллиона человек (FAO, 2017a).

Разведение и использование мелких туземных видов рыб, имеющих высокую пищевую ценность для питания человека, признается и практикуется (Castine and others, 2017). Однако в связи с интенсификацией методов производства продукции аквакультуры и все более широким использованием кормов растительного происхождения необходимо следить за тем, чтобы содержание питательных веществ в продуктах аквакультуры было как можно более высоким (Beveridge and others, 2013; Bogard and others, 2017).

4. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях

Быстрый рост интенсивной аквакультуры, в некоторых случаях плохо спланированный, вызывает обеспокоенность в связи с экологическими последствиями, здоровьем человека и социальными проблемами. Хотя львиная доля производства приходится на Азию, наиболее сильное противодействие развитию аквакультуры наблюдается в некоторых развитых странах (Froehlich and others, 2017), где аквакультура все еще является относительно новой отраслью, конкурирующей с устоявшимися видами деятельности. Знания международного сообщества о воздействии изменения климата на аквакультуру необходимо совершенствовать. Необходимо проводить дальнейшие исследования и изыскания для улучшения управления мальками, кормами и здоровьем. Растущая зависимость развитых стран от импорта искусственно разводимых морепродуктов из развивающихся стран и неуверенность в том, что касается экологической и социальной ответственности и безопасности продукции, стали поводом для широких общественных дискуссий. Научная неопределенность и противоречивая информация по вопросам, касающимся потребления морепродуктов, еще больше путают общественность. Создание и функционирование систем сертификации третьих сторон, охватывающих экологические и социальные вопросы и вопросы безопасности морепродуктов, начали облегчать эту ситуацию. Необходимо провести дополнительные исследования для распространения информации о пользе увеличения потребления морепродуктов для здоровья и питания. Вопросы об определении питательных свойств разводимой рыбы и промысловой рыбы, обитающей в дикой среде, и количественной оценке пользы социально-экономических улучшений для здоровья, получаемых за счет развития аквакультуры, требуют дополнительного внимания.

При росте мирового населения ежегодное предложение в секторе аквакультуры должно превышать предложение в секторе промыслового рыболовства и в 2030 году достичь 62 процентов, чтобы сохранить нынешние уровни потребления. Это создает огромные проблемы для сектора, директивных органов и занимающегося аквакультурой сообщества в целом. Достижению этой цели будет способствовать улучшение восприятия (Vannuccini and others, 2018). Более качественная информация и более эффективный обмен ею помогли бы в устранении вызывающих обеспокоенность вопросов, мифов и неясностей. Для повышения осведомленности общественности об отрасли аквакультуры ей необходимо выйти на более открытый и более широкий диалог, который позволит повысить прозрачность. Для более эффективного распространения информации о преимуществах аквакультуры ей необходимо активнее сотрудничать с группами заинтересованных сторон, которые, по мнению общественности, заслуживают доверия. Хотя важные социальные и экологические вопросы еще предстоит решить, важно рассматривать аквакультуру в более широком контексте, сравнивая связанные с ней издержки и выгоды с издержками и выгодами других систем производства продуктов животного происхождения и анализируя ее потенциальный вклад в обеспечение стабильной продовольственной безопасности с учетом прогнозируемого демографического давления. Однако комплексное представление, предусматривающее сбалансированную оценку рисков и выгод аквакультуры, отсутствует, что препятствует разработке политики, которая отражала бы производственные реалии (Bacher, 2015).

5. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала

Неотъемлемой частью развития аквакультуры является наращивание потенциала. Департамент рыбного хозяйства и аквакультуры ФАО в течение многих лет проводит в странах-членах

учебные мероприятия по многим аспектам развития потенциала. Устойчивое развитие требует, в частности, достойной инфраструктуры, технологий, политики и подготовки кадров. Важней-

шее значение для повышения эффективности производственных систем имеет развитие технологий, однако развитие людских ресурсов (как с точки зрения качества, так и количества) имеет решающее значение для обеспечения устойчивости отрасли, тем более с учетом меняющихся парадигм, влияющих на этот сектор. Некоторые из ключевых тенденций и проблем отражают постоянно усиливающийся глобальный призыв к устойчивому развитию, которое будет социально и экологически приемлемым, независимо от экономического положения конкретной страны.

Чтобы стимулировать устойчивое развитие аквакультуры, страны должны улучшить службы распространения знаний. Подготовка специалистов по распространению знаний должна быть модифицирована и должна включать обучение методам и механизмам донесения информации и их укреплению, а также практическим методам ведения хозяйства, что позволит им лучше помогать фермерам в совершенствовании производственных систем и практики в интересах повышения объемов производства и прибыли. Необходимо разработать новые модели и привлекать новых субъектов в области распространения знаний, поскольку информационные

технологии и средства массовой информации, фермерские ассоциации, учреждения, занимающиеся вопросами развития, поставщики из частного сектора и другие субъекты, вероятно, будут пользоваться большим авторитетом, обогащая тем самым опыт подготовки кадров. Цель должна заключаться в совершенствовании служб распространения знаний и в обеспечении более эффективного использования ресурсов.

За прошедшие пять лет многочисленные доноры и учреждения, занимающиеся вопросами развития, помогли расширить возможности аквакультуры в развивающихся странах. Многие развивающиеся и развитые страны выделяют ресурсы на укрепление национального потенциала в области аквакультуры. Многие правительства оказывают базовую поддержку в расширении масштабов аквакультуры и некоторые ограниченные услуги в области научных исследований и разработок. Однако во многих странах уровень государственной поддержки недостаточен. При этом участие частного сектора в наращивании потенциала сектора аквакультуры, напротив, активизируется, причем во многих странах оно приносит заметные успехи.

6. Перспективы

Ожидается, что основной рост объема производства продукции водного происхождения будет обеспечен за счет аквакультуры, и, согласно прогнозам, в 2030 году объем производства достигнет 109 млн тонн, что на 37 процентов больше, чем в 2016 году. Вместе с тем, согласно оценкам, годовые темпы роста аквакультуры замедлятся с 5,7 процента в 2003–2016 годах до 2,1 процента в 2017–2030 годах, главным образом из-за снижения темпов роста объема производства в Китае, что частично компенсируется увеличением производства в других странах (FAO, 2018a). Согласно прогнозам, доля искусственно разводимых водных видов животных в мировом производстве рыбной продукции (для использования в продовольственных и непродовольственных целях), которая в 2016 году составляла 47 процентов, в 2020 году превысит долю диких видов, а к 2030 году вырастет до 54 процентов.

Более 87 процентов роста объема производства продукции аквакультуры в 2030 году будет

приходиться на азиатские страны. Азия будет по-прежнему доминировать в мировом производстве продукции аквакультуры, и в 2030 году ее доля составит 89 процентов от общего объема производства. Китай останется ведущим мировым производителем, но его доля в общем объеме производства сократится с 62 процентов в 2016 году до 59 процентов в 2030 году. Согласно прогнозам, производство будет продолжать расширяться на всех континентах с различиями в ассортименте видов и продукции в разных странах и регионах (World Bank, 2013).

Миллионы людей, занятых в рыбном хозяйстве и аквакультуре, стремятся поддерживать разумные средства к существованию. Эти люди наиболее уязвимы к определенным последствиям изменения климата, таким как экстремальные погодные условия, штормы, наводнения и повышение уровня моря, и им необходимо уделять особое внимание при разработке мер по адаптации, с тем чтобы сектор продолжал вносить свой

вклад в достижение глобальных целей по сокращению масштабов нищеты и обеспечению продовольственной безопасности (FAO, 2018a).

В Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 года особо отмечаются интересы людей, планета, процветание, мир и партнерство. Повестка дня на период до 2030 года² и предусмотренные ею цели в области устойчивого развития имеют большое значение для разработки политики, планирования и управления в интересах устойчивого развития аквакультуры. Если аквакультура будет развита надлежащим образом, она будет способствовать достижению многих целей в области устойчивого развития, включая цель 14 в области устойчивого развития, и в частности задачу 14.7, касающуюся повышения к 2030 году экономических выгод, получаемых малыми островными развивающимися государствами и наименее развитыми странами от экологически рационального использования морских ресурсов, в том числе благодаря экологически рациональной организации рыбного хозяйства, аквакультуры и туризма.

Результаты проведенного недавно анализа свидетельствуют о том, что большинство имеющихся международных руководств, посвященных развитию аквакультуры, в целом соответствуют содержанию целей в области устойчивого развития. Существующие международные обязательства и призывы к устойчивому развитию аквакультуры,

такие как Кодекс ведения ответственного рыболовства ФАО и связанные с ним технические руководящие принципы, Бангкокская декларация и стратегия 2000 года и Пхукетский консенсус 2010 года, а также инициатива ФАО «Голубой рост» для малых островных развивающихся государств³, которая предусматривает применение экосистемного подхода к рыболовству и аквакультуре, в целом хорошо согласуются с Повесткой дня на период до 2030 года и будут способствовать достижению целе в области устойчивого развития (FAO, 2017a).

Если не будут предприняты согласованные усилия по повышению темпов роста аквакультуры, то, по прогнозам ФАО, в начале-середине 2020-х годов возникнет явный разрыв между спросом на рыбу и соответствующим предложением. Результаты исследования, проведенного Голден и др. (Golden and others, 2017), свидетельствуют о том, что аквакультура вряд ли будет вносить существенный вклад в питание людей в странах, уязвимых с точки зрения обеспеченности питанием. Необходимость более комплексных усилий по разработке политики, касающейся как рыболовства, так и аквакультуры, в интересах обеспечения благосостояния человека уже обсуждалась. Необходимо переосмыслить и модифицировать стратегии по дальнейшему развитию аквакультуры во всем мире.

Справочная литература

- Alday-Sanz, Victoria, and others (2018). Facts, truths and myths about SPF shrimp in Aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, vol. 12, No. 1.
- Allison, E.H. (2011). Aquaculture, fisheries, poverty and food security. Working Paper, No. 2011–65. Penang, Malaysia: WorldFish Center.
- Bacher, Kathrin (2015). Perceptions and misconceptions of aquaculture: a global overview. GLOBEFISH Research Programme, vol. 120. Rome.
- Béné, Christophe, and others (2016). Contribution of fisheries and aquaculture to food security and poverty reduction: assessing the current evidence. *World Development*, vol. 79, pp. 177–196.
- Beveridge, Malcolm C.M., and others (2013). Meeting the food and nutrition needs of the poor: the role of fish and the opportunities and challenges emerging from the rise of aquaculture. *Journal of Fish Biology*, vol. 83, No. 4, pp. 1067–1084.

² См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

³ См. URL: www.fao.org/3/a-i3958e.pdf.

- Bogard, Jessica R., and others (2017). Higher fish but lower micronutrient intakes: temporal changes in fish consumption from capture fisheries and aquaculture in Bangladesh. *PLoS One*, vol. 12, No. 4.
- Bohnes, Florence Alexia, and Alexis Laurent (2019). LCA of aquaculture systems: methodological issues and potential improvements. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 24, No. 2, pp. 324–337.
- Brugère, Cecile, and others (2018). The ecosystem approach to aquaculture 10 years on a critical review and consideration of its future role in blue growth. *Reviews in Aquaculture*, vol. 11, No. 3, pp. 493–514.
- Castine, Sarah and others (2017). Homestead pond polyculture can improve access to nutritious small fish. *Food Security: The Science, Sociology and Economics of Food Production and Access to Food*, vol. 9, No. 4, pp. 785–801.
- Chan, Chin Yee, and others (2017). Fish to 2050 in the ASEAN region. Working Paper, No. 2017–01. Penang, Malaysia: WorldFish Center and Washington D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2010). Aquaculture Development: 4. Ecosystem Approach to Aquaculture. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No. 5, Suppl. 4. Rome.
- _____ (2016). = *Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2016. Вклад в обеспечение всеобщей продовольственной безопасности и питания*. Рим.
- _____ (2017a). Aquaculture, the Sustainable Development Goals (SDGs)/Agenda 2030 and FAO's common vision for sustainable food and agriculture. Working document, COFI/AQ/IX/2017/5. Ninth Session of the Committee on Fisheries, Subcommittee on Aquaculture. Rome.
- _____ (2017b). *World Aquaculture 2015: A Brief Overview*. FAO Fisheries and Aquaculture Circular, No. 1140. Rome.
- _____ (2018a). *Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture: Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation Options*. Manuel Barange and others, eds. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 627. Rome.
- _____ (2018b). = *Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2018: Достижение целей устойчивого развития*. Рим.
- _____ (2019). *The State of the World's Aquatic Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome.
- Froehlich, Halley E., and others (2017). Public perceptions of aquaculture: evaluating spatiotemporal patterns of sentiment around the world. *PLoS One*, vol. 12, No. 1.
- Froehlich, Halley E., and others (2018). Comparative terrestrial feed and land use of an aquaculture-dominant world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, No. 20, pp. 5295–5300.
- Gentry, Rebecca R., and others (2017). Mapping the global potential for marine aquaculture. *Nature Ecology and Evolution*, vol. 1, No. 9, pp. 1317–1324.
- Golden, Christopher D., and others (2017). Does aquaculture support the needs of nutritionally vulnerable nations? *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 159.
- Hall, Stephen J., and others (2011). *Blue Frontiers: Managing the Environmental Costs of Aquaculture*. Penang, Malaysia: WorldFish Center.
- Hasan, Mohammad R. (2017). Feeding global aquaculture growth. FAO Aquaculture Newsletter, No. 56.
- High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (2014). Sustainable fisheries and aquaculture for food security and nutrition: report by the High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome.
- Isla Molleda, Mercedes, and others (2016). Development of mariculture in Cuba: impacts and challenges to achieve sustainable management preserving coastal ecosystems (in Spanish). *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, vol. 2, No. 1, pp. 7–26.

- Nilssen, Arve, and others (2017). Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. *Aquaculture*, vol. 466, pp. 41–50.
- Subasinghe, Rohana, and others (2019). Vulnerabilities in aquatic animal production. *Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties*, vol. 38, No. 2 (in press).
- Thilsted, Shakuntala Haraksingh, and others (2016). Sustaining healthy diets: the role of capture fisheries and aquaculture for improving nutrition in the post-2015 era. *Food Policy*, vol. 61, pp. 126–131.
- Troell, Max, and others (2014). Does aquaculture add resilience to the global food system? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, No. 37, pp. 13257–13263.
- Vannuccini, Stefania, and others (2018). Understanding the impacts of climate change for fisheries and aquaculture: global and regional supply and demand trends and prospects. In *Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture: Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation Options*. M. Barange and others, eds. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 627. Rome.
- Waite, Richard, and others (2014). Improving productivity and environmental performance of aquaculture. Working paper, installment 5 of *Creating a Sustainable Food Future*. Washington, D.C.: World Resources Institute.
- World Bank (2013). Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture. World Bank Report, No. 83117-GLB.
- Wurmann, Carlos (2019). Aquaculture in Latin America and the Caribbean: progresses, opportunities and challenges. *AquaTechnica*. vol. 1, No. 1.

Глава 17

Изменения в добыче и использовании морских водорослей

Участники: Ильконида Калумпонг (координатор и ведущий участник), Франсиана Пеллиццари, Ренисон Рува (соведущий участник) и Ноэми Солар-Бачо.

Ключевые тезисы

- По состоянию на 2012 год около 80 процентов морских водорослей либо потреблялось непосредственно, в частности бурые водоросли, либо использовалось для производства фикоколлоидов, в частности каррагинана, для применения в пищевой промышленности. Остальные водоросли широко использовались в кормах для домашних животных, а также в промышленности, косметике и медицине. В период 2012–2017 годов мировое производство морских водорослей неуклонно росло примерно на 2,6 процента в год, или примерно на 1,8 млн тонн (сырой вес) в год, что главным образом объясняется спросом со стороны сельского хозяйства и аквакультуры, а его стоимость оценивается примерно в 12 млрд долл. США.
- Ведущим производителем морских водорослей остается Китай, за которым следует Индонезия. Филиппины по-прежнему занимают третье место в мире по производству морских водорослей, несмотря на то что на страну часто обрушиваются тайфуны; филиппинские фермеры, занимающиеся выращиванием морских водорослей, стали стойкими к внешним потрясениям и могут сразу же возобновлять свою фермерскую деятельность. Четвертое место занимает Республика Корея, которая предпринимает согласованные усилия по увеличению объема экспорта в Северную Америку с помощью маркетинговых компаний.
- Основными разводимыми видами водорослей по-прежнему являются каррагинофиты, *Carrahyucus alvarezii* и *Eucheuma* spp. (на их долю приходится 85 процентов производимого в мире каррагинана), которые выращиваются в индо-тихоокеанском регионе, а основными добываемыми видами – бурые водоросли, которые являются источником альгинатов (*Saccharina* и *Undaria*) и относятся к холодноводным видам.
- К новым видам применения морских водорослей в сельском хозяйстве можно отнести их использование для сокращения производства метана сельскохозяйственными животными, но такие виды применения все еще находятся на начальном этапе развития из-за проблем, связанных с бромформами, которые могут иметь экологические последствия.
- На производстве водорослей в некоторых уязвимых районах негативным образом сказались тайфуны.

1. Введение

Настоящая глава посвящена только выращиванию морских водорослей, их использованию человеческим обществом и экосистемным услугам. Таксономия и экологическая роль морских водорослей и то, как на них влияют другие компоненты морской среды, рассматриваются в главе 6G настоящей «Оценки», посвященной морским растениям и макроводорослям.

Морские водоросли, или макроводоросли, делятся на три основные группы: *Rhodophyta* (красные водоросли), *Phaeophyta*¹ (бурые водоросли) и *Chlorophyta* (зеленые водоросли). Они имеют экономическое значение для многих стран в качестве продуктов питания для непосредственного потребления человеком и в качестве корма в

аквакультуре коммерческих видов и используются для производства фикоколлоидов (например, агара, каррагинана, альгинатов) и различных продуктов, представляющих коммерческий интерес, главным образом для производства переработанных продуктов питания и фармацевтической продукции (см. Buschmann and others, 2017; Kim and others, 2017; исторический анализ см. в Park and others, 2018).

Согласно базовому обзору состояния, как указано в главе 14 первой «Оценки состояния Мирового океана» (United Nations, 2017), красные, бурые и зеленые морские водоросли собирались в коммерческих количествах из дикой природы примерно в 37 странах и выращивались на фермах

¹ Недавно были отнесены в отдел *Ochrophyta*, царство *Chromista* (см. главу 6G, раздел 5.1).

более чем в 27 странах. Около 96 процентов общемирового объема производства водорослей, составлявшего в 2012 году около 26 млн тонн (сырая масса) и оценивавшегося примерно в 6 млрд долл. США, поступило из марикультуры. Китай занимал первое место по объему производства, и в период 2003–2012 годов производил по меньшей мере 50 процентов от общемирового объема производства. В 2007 году Индонезия обогнала Филиппины, став вторым крупнейшим производителем, и по настоящее время занимает второе место в мире благодаря обширным фермерским территориям и усовершенствованным технологиям разведения водорослей. Крупнейшим поставщиком дикорастущих водорослей было Чили, за которым следовали Китай, Норвегия и Япония. По состоянию на 2012 год около 80 процентов морских водорослей либо потреблялось непосредственно в пищу, например бурые водоросли, либо перерабатывалось в фикоколлоиды, в частности в каррагинан, для использования в пищевой промышленности. Что касается иного применения, то водоросли широко использовались в кормах для домашних животных, а также в промышленности, косметике и медицине. Морские водоросли также использовались в аквакультуре в качестве кормовых добавок для животных, удобрений, водоочистителей и пребиотиков. Самыми распространенными выращиваемыми видами водорослей были красные морские водоросли (*Каррарфуссальварезии* и *Еучеума* spp.), которые являются источником каррагинана и на которые приходится 33 процента производства; при этом 20 процентов приходится на бурые морские водоросли (*kelps*), производящие альгинат (например, ламинария (*Laminaria*), добываемая в дикой среде). Сообщалось, что на урожайность морских водорослей, растущих в дикой среде, значительное влияние оказали чрезмерный сбор водорослей и климатические изменения. Сообщалось, что бурые водоросли больше всего стра-

дают от нагрева поверхностных морских вод и резких изменений температуры, так как они не могут размножаться при температуре выше 20°C. Были получены сообщения об отмирании бурых водорослей вдоль побережий Норвегии и Франции и побережий других европейских стран. Выращиванию морских водорослей серьезно препятствует бактериальная болезнь «ледяной лед», названная так потому, что она приводит к тому, что морские водоросли становятся полупрозрачными; эта болезнь конкретно поражает *Каррарфуссальварезии*. Рост заболеваемости объясняется низким генетическим многообразием и монокультурностью выращиваемых запасов. Сообщается о таком воздействии коммерческого промысла морских водорослей на окружающую среду и экологию, как разрушение среды обитания, повреждение субстрата и изменения в распределении частиц по размерам в осадках, нарушение среды обитания птиц и диких животных, нарушение пищевых сетей и локализованные изменения в биоразнообразии фауны и флоры, которые часто влияют на уловы рыбаков. К прямому воздействию на популяции морских водорослей можно отнести, в частности, увеличение темпов роста и покрытие имеющихся субстратов водорослями, отличными от бурых водорослей.

С точки зрения социально-экономического воздействия деятельности по выращиванию морских водорослей мелкие фермеры, как представляется, получают наибольшую выгоду, поскольку эта деятельность открывает значительные возможности для трудоустройства по сравнению с другими формами аквакультуры. Однако было установлено, что мелкие фермеры находятся в невыгодном положении по сравнению с крупными производителями из-за отсутствия у них навыков ведения хозяйства и финансовой деятельности и их зависимости от переработчиков их материалов.

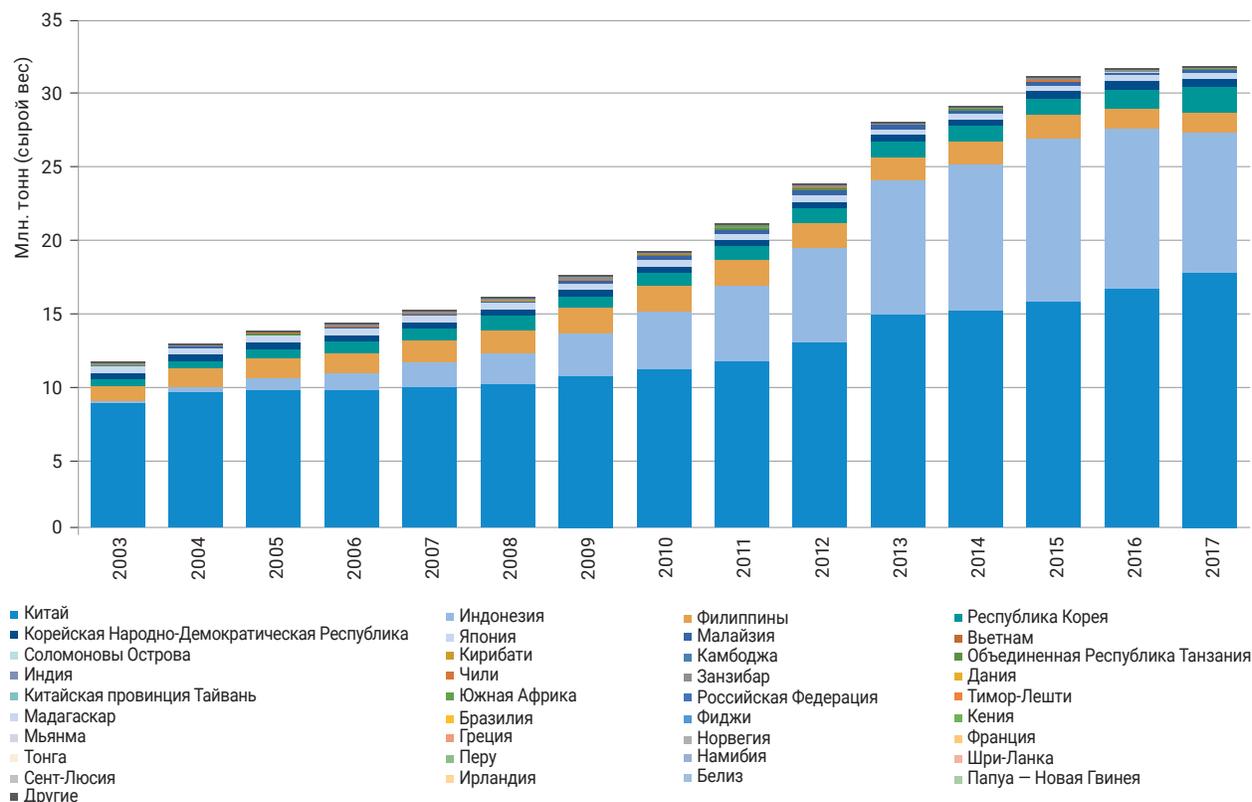
2. Зафиксированные изменения в области производства и использования морских водорослей (2012–2017 годы)

Мировое производство морских водорослей неуклонно растет по сравнению с базовым уровнем, указанным в первой «Оценке», главным образом в результате выращивания водорослей или аквакультуры (см. рисунок 1). С бо-

лее чем 24,6 млн тонны (сырой вес) в 2012 году объем производства выращиваемых морских водорослей вырос до почти 32 млн тонн (сырой вес) в 2017 году (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019), что состав-

Рисунок 1

Объем общемирового производства морских водорослей из аквакультуры (в разбивке по странам или регионам), 2003–2017 годы



Источник: Данные за 2003–2012 годы получены от ФАО (FAO, 2014); данные за 2013–2017 годы также получены от ФАО (FAO, 2019), таблицы 5 и 6.

ляет 96,6 процента от общемирового объема производства и представляет собой ежегодный рост примерно на 1,8 млн тонн (сырой вес). В настоящее время производство оценивается в 11,85 млрд долл. США (FAO, 2019).

Китай остается ведущим поставщиком морских водорослей, производя примерно 1 миллион тонн в год и более, и в настоящее время на его долю приходится более 54 процентов мирового производства водорослей. С 2012 года этот показатель ежегодно увеличивается на 1 процент. Индонезия занимает второе место, и, хотя в 2013 году объем производства в стране увеличился на 66 процентов, он оставался более или менее стабильным до 2017 года. Филиппины занимают третье место в мире по производству морских водорослей. Хотя на страну каждый год обрушиваются тайфуны, филиппинские фермеры, занимающиеся выращиванием морских водорослей, стали стойкими к внешним потрясениям и могут сразу же возобновлять свою фермерскую деятельность.

Троно и Ларго (Trono and Largo, 2019) сообщили, что неуклонное сокращение производства морских водорослей в стране было вызвано не только тайфунами, но и эпифитизмом, утратой генетического разнообразия в результате применяемых методов выращивания и политическими волнениями в основных сельскохозяйственных районах на юге Филиппин. Последние данные по съедобным морским водорослям из Соединенных Штатов Америки были представлены Пикони и Вайденаймером (Piconi and Veidenheimer, 2020). Правительство Республики Корея предпринимает весьма согласованные усилия по освоению новых рынков в Северной Америке.

Водоросли-производители каррагинана (*Gracilaria alvarezii* и *Eucheuma* spp.) по-прежнему остаются основным видом выращиваемой продукции: объем их производства увеличился с 8,3 млн тонны (сырой вес) в 2012 году до 12,3 млн тонны (сырой вес) в 2016 году. Производство бурых водорослей также увеличилось с

5,7 млн тонны (сырой вес) в 2012 году до 8,4 млн тонны (сырой вес) в 2016 году (см. рисунок II).

За прошедшие семь лет Папуа – Новая Гвинея увеличила объем производства со 100 тонн (сырой вес) в 2010 году до 4300 тонн (сырой вес) в 2017 году. Новые производители включают Камбоджу, которая в 2015–2017 годах произвела 2000–2200 тонн (сырой вес), и Норвегию, которая в 2015–2017 годах произвела 51–149 тонн (сырой вес).

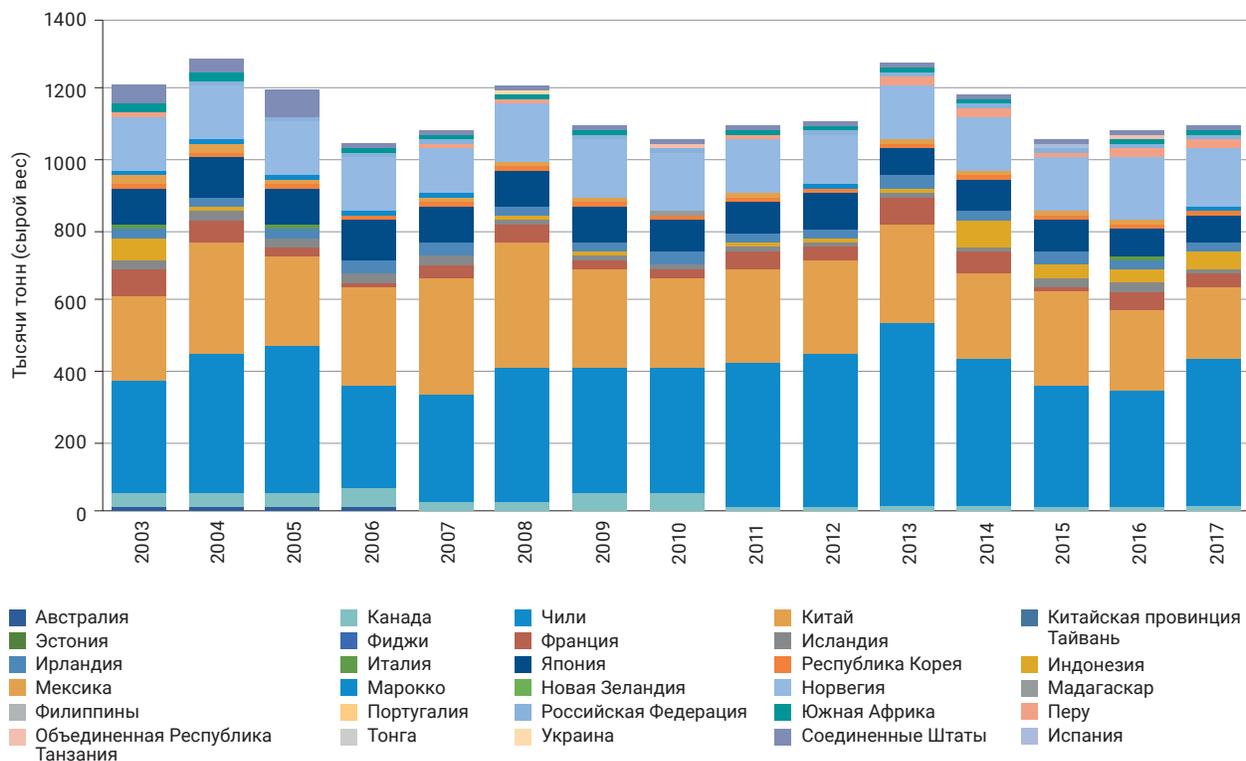
Тенденция в производстве за счет сбора дикорастущих водорослей за пятилетний период, прошедший с базового 2012 года (см. рисунок III), осталась более или менее неизменной: Чили, Китай, Норвегия и Япония по-прежнему входят в четверку крупнейших производителей (именно в этом порядке). Индонезия обогнала Францию и теперь занимает пятое место, поскольку в 2017 году (примерно 50 000 тонн) ей удалось повысить объем добычи в шесть раз по сравнению с 2012 годом (7600 тонн).

Рисунок II
Общепланетарный объем добычи дикорастущих водорослей (в разбивке по странам и регионам), 2003–2017 годы



Источник: данные за 2003–2012 годы получены от ФАО (FAO, 2014); данные за 2013–2017 годы также получены от ФАО (FAO, 2019), таблицы А-6.

Рисунок III
Общепланетарный объем производства морских водорослей (в разбивке по видам), 2003–2016 годы



Источник: данные за 2003–2012 годы получены от ФАО (FAO, 2014); данные за 2013–2017 годы также получены от ФАО (FAO, 2019), таблицы А-6.

3. Последствия изменений в добыче и использовании морских водорослей для сообществ, экономик и благополучия

Бушманн и др. (Buschmann and others, 2017) предполагают, что к 2054 году производимые морские водоросли (а также микроводоросли) могут стать источником 18 процентов альтернативных белков на мировом рынке (56 млн тонн белка).

Во всем мире растет внутреннее потребление морских водорослей и произведенных на их основе продуктов, что увеличивает доходы местного населения. Это связано с новыми инновациями в гастрономии, в частности рестораны и хлебопекарни производят продукцию с добавлением морских водорослей, и новыми тенденциями в области охраны здоровья людей с различными пищевыми потребностями, включая веганов, диабетиков и спортсменов, которые стремятся к потреблению пищи с высоким

содержанием растительного белка, растворимых волокон и минералов, незаменимых аминокислот и витаминов (Bradford, 2014; Ibáñez and Herrero, 2017; Kim and others, 2017).

В странах, где капитализация является основным фактором крупномасштабного производства, в частности в Бразилии, увеличение объема производства морских водорослей частично зависит от ассоциаций и кооперативов. Однако прибрежные фермы по выращиванию морских водорослей часто могут сталкиваться с проблемами, в частности с заражением колиподобными бактериями, заилением и другими последствиями антропогенной деятельности, которая оказывает воздействие на прибрежные районы.

4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)

Производство морских водорослей сконцентрировано в трех основных регионах, а именно в Индийском океане, северной части Тихого океана и южной части Тихого океана, однако в других регионах объем производства растет. Например, в южной части Атлантического океана, а именно в Бразилии, *Carraphycus alvarezii* и *Gracilaria* spp. выращиваются в семейных масштабах по инициативе государственных учреждений и международных организаций для добычи агара на коммерческом рынке (Simioni and others, 2019). В некоторых регионах в сельскохозяйственных целях добывается *Sargassum*, произрастающий в дикой среде.

В отличие от Аргентины, Бразилии и Мексики, где имеются лишь мелкомасштабные заводы по переработке водорослей, Чили является единственной страной в регионе (южная часть Тихого океана), где добыча, выращивание и переработка морских водорослей осуществляются в коммерческих масштабах. Большая часть про-

изводимых им водорослей *Gracilaria* (50 процентов мирового производства) приобретает китайскими переработчиками (Ramírez and others, 2018). Благодаря открытию новых рынков и развитию международной торговли морские водоросли больше не относятся к категории морских продуктов относительно низкой экономической ценности (т. е. к категории сырья), а относятся к категории экспортных товаров, имеющих высокую торговую ценность. Новое законодательство о сохранении морских ресурсов и ограничении добычи диких видов, а также политика управления, позволяющая создание профсоюзов и предоставляющая кооперативные права на морские участки в целях содействия выращиванию водорослей, позволили совершить переход на национальном уровне к управлению, способствующему обеспечению устойчивости. Это особенно важно для кустарного сектора с социально-экономической точки зрения (Gelcich and others, 2015; Gallardo and others, 2018).

5. Перспективы

Что касается целей в области устойчивого развития² в целом и цели 14 в области устойчивого развития в частности, то выращивание и добыча морских водорослей имеют отношение к следующим задачам: задаче 14.1, касающейся сокращения загрязнения морской среды, поскольку они не предусматривают использование удобрений и переработку питательных веществ; задаче 14.2, предусматривающей обеспечение рационального использования и защиты морских и прибрежных экосистем; задаче 14.3 о снижении показателей закисления океана за счет поглощения атмосферного углекислого газа; задаче 14.4, касающейся сокращения чрезмерной эксплуатации рыбных ресурсов путем снижения объемов промыслового рыболовства; задаче 14.5, предусматривающей сохранение морских и прибрежных районов; и задаче 14.b путем поддержки мелкого кустарного рыбного промысла. Выращивание и добыча морских водорослей способствуют также достижению других целей в области устойчивого развития, включая, в частности, цель 2, касающуюся обеспечения продовольственной безопасности, и цель 8, касающуюся обеспечения поступательного и всеохватного экономического роста, особенно в связи с участием в этом процессе женщин и детей.

Бьеррегаард и др. (Bjerregaard and others, 2016) рассмотрели вопрос о выращивании морских водорослей в интересах обеспечения продовольственной безопасности, получения доходов и охраны здоровья окружающей среды в тропических развивающихся странах. Бушманн и др. (Buschmann and others, 2017) утверждают, что морские водоросли могут стать «той самой устойчивой культурой», которая приведет к росту индустрии аквакультуры, необходимой для

поддержания мирового продовольственного снабжения. Без ограничений, связанных с пахотными землями (поскольку Мировой океан занимает 71 процент поверхности планеты), удобрениями и введением пресноводных ресурсов, марикультура морских водорослей или «фикономия» (см. Hurtado and others, 2019), в сочетании с технологиями «новой аквакультуры», может обеспечить 14-процентный годовой прирост, необходимый отрасли для обеспечения к 2050 году глобальной продовольственной безопасности. Морские водоросли служат не только источником продовольствия для человека, но и сырьем для кормов, нутрицевтиков и фармацевтических препаратов. Кроме того, они поглощают углерод, помогая бороться с изменением климата.

Помимо прогнозируемого непрерывного роста объемов производства морских водорослей для традиционных и современных видов использования, новые виды их применения в сельском хозяйстве могли бы помочь странам-производителям скота сократить масштабы глобального потепления. В частности, отмечается, что красные водоросли *Asparagopsis* при добавлении в корм для скота значительно снижают выбросы метана крупным рогатым скотом примерно на 26 процентов (Roque and others, 2019).

Выращивание морских водорослей проходит экологическую сертификацию в целях обеспечения устойчивого производства. Организация «Сивид стэндарт» (“Seaweed Standard”) будет способствовать здоровью водных экосистем мира, содействуя экологически устойчивому и социально ответственному использованию ресурсов морских водорослей.

6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала

Котье-Кук и др. (Cottier-Cook and others, 2016) рассмотрели вопрос об обеспечении будущего для мировой индустрии выращивания морских во-

дорослей. Дуарте и др. (Duarte and others, 2017) рассмотрели вопрос о том, какую роль выращивание морских водорослей может сыграть в

² См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

смягчении последствий изменения климата и адаптации к ним. Для ответа на эти вопросы потребуются дальнейшие научные исследования.

Бушманн и др. (Buschmann and others, 2017) выявили многие пробелы в знаниях в отношении крупномасштабного производства, экономики и изменения климата. Биология многих видов морских водорослей до сих пор неизвестна, и некоторые аспекты биологии даже таких видов, которые уже добываются или выращиваются, не вполне понятны. Передовые производственные модели нуждаются в вышеуказанной фикономической информации, а для прибрежных хозяйств особенно важна информация о последствиях изменения климата. Для создания прибрежных хозяйств потребуются долгосрочные данные о тайфунах и температуре поверхности воды, а также океанографическая информация. Для

крупномасштабного фиконометрического производства также потребуется информация для разработки соответствующих экономических и финансовых моделей, включая новые области применения, рынки и «внешние факторы». Лица, занимающиеся кустарным выращиванием и добычей водорослей, до сих пор сталкиваются с вековыми проблемами капитализации, нехваткой здорового и эффективного посадочного материала и колебаниями цен.

В настоящее время учреждения в пяти странах совместно работают над устранением некоторых из этих пробелов в знаниях и формировании потенциала, уделяя при этом особое внимание охране индустрии выращивания морских водорослей, особенно в развивающихся странах (GlobalSeaweedSTAR).

Справочная литература

- Bjerregaard, R., and others (2016). Seaweed aquaculture for food security, income generation and environmental health in tropical developing countries. Washington, D.C.: World Bank Group.
- Bradford, M. (2014). *Algas: las verduras del mar – los nutritivos tesoros marinos para la salud y el paladar*, 8th ed. Barcelona: Océano Ambar.
- Buschmann, A.H., and others (2017). Seaweed production: overview of the global state of exploitation, farming and emerging research activity. *European Journal of Phycology*, vol. 52, No. 4, pp. 391–406.
- Cottier-Cook, E.J., and others (2016). Safeguarding the future of the global seaweed aquaculture industry. Policy Brief. United Nations University, Institute for Water, Environment and Health and Scottish Association for Marine Science.
- Duarte, C. M., and others (2017). Can seaweed farming play a role in climate change mitigation and adaptation? *Frontiers of Marine Science*. vol. 4, art. 100.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2014). *FAO Yearbook: Fishery and Aquaculture Statistics 2012*. Rome.
- _____ (2018).) = *Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2018 – Достижение целей устойчивого развития*. Рим.
- _____ (2019). *FAO Yearbook: Fishery and Aquaculture Statistics 2017*. Rome.
- Gallardo Fernández, G.L., and others (2018). *Granjeras del mar: luchas y sueños en Coliumo*. Historia del área de manejo del sindicato, No. 2. Santiago: Andros Impresores.
- Gelcich, Stefan, and others (2015). Exploring opportunities to include local and traditional knowledge in the recently created “Marine Management Plans” policy of Chile. In *Fishers’ Knowledge and the Ecosystem Approach to Fisheries: Applications, Experiences and Lessons in Latin America*. Johanne Fischer and others, eds. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 591. Rome.
- GlobalSeaweedSTAR. www.globalseaweed.org.
- Hurtado, A.Q., and others (2019). Phyconomy: the extensive cultivation of seaweeds, their sustainability and economic value, with particular reference to important lessons to be learned and transferred from the practice of eucheumatoid farming, *Phycologia*, vol. 58, No. 5, pp. 472–483.

- Ibáñez, E., and M. Herrero (2017). *Las algas que comemos. ¿Qué sabemos de?* Series. Madrid: CSIC.
- Kim J.K., and others (2017). Seaweed aquaculture: cultivation technologies, challenges and its ecosystem services. *Algae*, vol. 32, No. 1, pp. 1–13. Available at <https://doi.org/10.4490/algae.2017.32.3.3>.
- Park, M., and others. (2018). Application of open water integrated multi-trophic aquaculture to intensive monoculture: a review of the current status and challenges in Korea. *Aquaculture*, vol. 497, pp. 174–183. Available at <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.051>.
- Piconi, P., and R. Veidenheimer (2020). *Edible Seaweed Analysis Report*. Rockland, Maine, United States: Island Institute.
- Ramírez, M., and others (2018). *Flora marina bentónica de Quintay*. Santiago: RIL Editores and Universidad Andres Bello.
- Roque, B.M., and others (2019). Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 per cent. *Journal of Cleaner Production*, vol. 234, pp. 132–138.
- Simioni, C., and others (2019). Seaweed resources of Brazil: what has changed in 20 years? *Botanica Marina*, vol. 62, No. 5, pp. 433–441.
- Trono, G.C., and D.B. Largo (2019). The seaweed resources of the Philippines. *Botanica Marina*, vol. 62, No. 5, pp. 483–498.
- United Nations (2017). Chapter 14: Seaweeds. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

Глава 18

Изменения в разработке морского дна

Участники: Педру Мадурейра и Джеймс Р. Хайн (совместные координаторы), Мария Жуан Бебианно (соведущий участник), Ана Коласу, Луиш М. Пиньейру, Ричард Рот, Прадип Сингх, Анастасия Страти (соведущий участник) и Джошуа Т. Тухумвире (ведущий участник).

Ключевые тезисы

- В настоящей главе содержится обновленная информация, относящаяся к главе 23 первой «Оценки состояния Мирового океана» (United Nations, 2017a) и касающаяся мелководных агрегатов, россыпных месторождений, запасов железистого песка и залежей фосфоритов. В ней уделяется пристальное внимание лицензиям на разведку минеральных ресурсов глубоководных районов морского дна, поскольку число таких лицензий значительно возросло со времени первой «Оценки».
- Для разработки россыпных месторождений, которая традиционно осуществлялась методом драгирования, разрабатываются новые технологии, призванные уменьшить воздействие на морскую среду. Заинтересованные стороны высказали возражения в связи с перспективами разработки фосфоритовых месторождений, и эти перспективы пока не реализованы.
- Освещаемые в настоящей главе полезные ископаемые морского дна (полиметаллические конкреции, полиметаллические сульфиды и кобальтоносные железомарганцевые корки) рассматриваются в качестве объекта будущей добычи и являются предметом 30 контрактов на разведку, подписанных Международным органом по морскому дну (МОМД).
- Одним из стимулов в этой связи является то, что минеральные ресурсы глубоководных районов морского дна содержат ряд редких и важных металлов, добыча и реализация которых могли бы способствовать достижению целей в области устойчивого развития, утвержденных Организацией Объединенных Наций в 2015 году¹.
- Экологические последствия добычи этих минеральных ресурсов морского дна являются предметом внимательнейшего изучения научным сообществом, и в настоящее время МОМД разрабатывает правила, регулирующие такую добычу.
- Информация о биоразнообразии, взаимосвязанности различных компонентов и экосистемных услугах имеется в недостаточном количестве, и важной задачей является активный сбор фоновых экологических данных для прогнозирования последствий предстоящей добычной деятельности на глубоководных участках морского дна с учетом риска необратимого ущерба глубоководным экосистемам.
- МОМД рассматривает различные финансовые модели для коммерческой добычи полиметаллических конкреций. То обстоятельство, что цены на металлы трудно предсказать, может обусловить значительный риск, из-за которого начало коммерческой добычи может быть отсрочено.
- Минеральные ресурсы глубоководных районов морского дна, как правило, залегают далеко от населенных пунктов, и социальные последствия их добычи могут быть меньше, чем последствия добычи полезных ископаемых на суше. При этом имеются значительные опасения по поводу утраты биоразнообразия и экосистемных услуг с учетом роли глубоководных районов океана в регулировании климата. Эти законные опасения лежат в основе принципа «социальной лицензии» (общественного согласия) на соответствующую деятельность.

1. Введение

1.1. Связь с первой «Оценкой состояния Мирового океана»

Глава 23 первой «Оценки состояния Мирового океана» посвящена добыче полезных ископаемых в море, в частности добыче агрегатов и разработке россыпных месторождений на мелководных участках и разработке месторождений

фосфатов на большей глубине, которые ведутся в основном в прибрежных районах (United Nations, 2017b). На момент ее опубликования промышленная разработка глубоководных месторождений еще велась, однако в документ был включен обзор зарезервированных участков и выполненных разведочных работ. Со времени первой

¹ См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

«Оценки» число разрешений на разведку на глубоководных участках морского дна (т. е. на глубине более 200 м от поверхности океана) увеличилось в отношении районов, расположенных как в пределах национальной юрисдикции прибрежных, островных и архипелажных государств, так и за пределами национальной юрисдикции — в Районе (дно морей и океанов и его недра за пределами национальной юрисдикции), который находится в ведении МОМД. Испытание технологии глубоководной добычи впервые было проведено в XXI веке (в 2017 году). Испытание было проведено Японией в пределах ее исключительной экономической зоны (ИЭЗ) на глубине 1600 м (Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), 2017). Настоящая глава посвящена зарождающейся отрасли добычи полезных ископаемых на глубоководных участках морского дна и залежам полезных ископаемых, и термин «морское дно» в контексте настоящей главы обозначает «глубоководные участки морского дна».

В первой «Оценке» подробно рассматривались экологические последствия дноуглубительных работ и содержался перечень справочных материалов о некоторых типах добычных операций. Вместе с тем фоновые экологические данные для работ по глубоководной добыче предоставлены не были, и было сочтено, что имеющиеся данные не позволяют получить полноценное представление об экологических, социальных и экономических аспектах такой деятельности. Данных о потенциальном воздействии на окружающую среду все еще мало, и они могут сильно различаться в зависимости от того, касаются ли они добычи полезных ископаемых в прибрежной зоне или на глубоководных участках морского дна. Благодаря нескольким инициативам, направленным на повышение транспарентности в добывающей отрасли, информация об экономических выгодах и (в некоторой степени) социальных последствиях такой деятельности становится все более широкодоступной.

В 2015 году Генеральная Ассамблея приняла Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, которая включает в себя 17 целей в области устойчивого развития, подлежащих достижению на основе глобального партнерства. Глубоководная добыча может иметь последствия для достижения целей 1, 5, 7–10, 12–14 и 17.

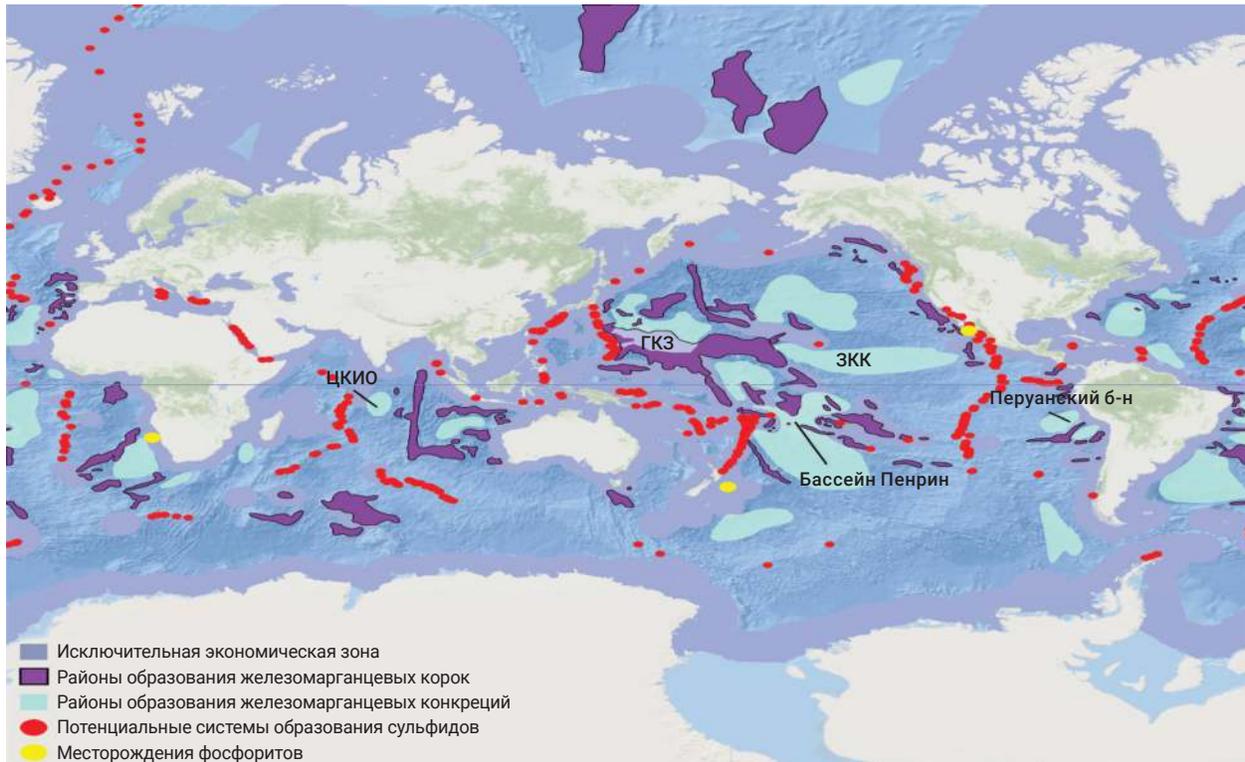
1.2. Стимулирующие факторы, трудности и возможности, связанные с разработкой морского дна

С разработкой морского дна связаны многие стимулирующие факторы, трудности и возможности, которые уже обсуждаются во многих научных статьях и популярных средствах массовой информации (Hein and others, 2013; Banerji, 2019; Koschinsky and others, 2018). Что касается стимулирующих факторов, то один из основных вопросов заключается в том, как обеспечить поставку важнейших материалов для развития инфраструктуры и снабжения растущего среднего класса в развивающихся странах товарами, а также урбанизации в этих странах. Еще один вопрос заключается в том, как использовать редкие и важные материалы, изобилующие в залежах полезных ископаемых на морском дне, для содействия развитию «зеленых» технологий (например, ветряные турбины, электромобили и солнечные батареи), которые рассматриваются некоторыми заинтересованными сторонами в качестве решений для снижения уровня выбросов в будущем и борьбы с глобальным изменением климата (Graedel and others, 2015; Kim and others, 2015; McLellan and others, 2016; Zweibel, 2010; World Bank, 2017a). Считается, что глубоководная добыча могла бы отчасти способствовать решению этих важных вопросов (World Bank, 2017a).

В качестве дополнительных стимулов развития этой новой отрасли указываются многочисленные особые характеристики будущих участков морской добычи (Hein and others, 2013; Petersen and others, 2016). К ним относятся: высокое содержание (концентрация) и тоннаж редких и важных металлов в месторождениях на морском дне; то обстоятельство, что для разработки морских месторождений не потребуется строительство дорог, систем транспортировки руды, систем водного и электрического транспорта, зданий, свалок для отходов или другой инфраструктуры на морском дне; и, самое главное, то, что до начала добычи не нужно будет производить вскрышные работы, поскольку представляющие интерес залежи расположены на поверхности морского дна. Все эти характеристики могли бы способствовать уменьшению экологической нагрузки.

Рисунок 1

Допустимые зоны расположения глубоководных месторождений полезных ископаемых в мире



Примечание. Красным цветом обозначены места расположения гидротермальных источников (см. Beaulieu, 2015), которые являются потенциальными системами образования массивных сульфидов морского дна; сами сульфиды были обнаружены не во всех этих местах. В районе Главной корковой зоны (Hein and others, 2009) допустимые зоны расположения кобальтоносных железомарганцевых корок и полиметаллических конкреций пересекаются; конкрециеносные поля встречаются между подводными горами и хребтами на значительной части Главной корковой зоны. Расположение трех месторождений фосфоритов, рассматриваемых в настоящей главе, обозначено желтыми точками. Также обозначены четыре хорошо известных месторождения полиметаллических конкреций: разломная зона Клариян-Клиппертон, Перуанский бассейн, бассейн Пенрин и Центральная котловина Индийского океана (см. Hein and others, 2013, с изменениями). Обозначенный темно-серым район вокруг Антарктиды не является исключительной экономической зоной, а просто представляет собой зону в пределах 200 морских миль от берега.

Сокращения: ЗКК — зона Клариян-Клиппертон; ЦКИО — Центральная котловина Индийского океана; ГКЗ — Главная корковая зона.

Вместе с тем разработка морского дна сопряжена и с многочисленными трудностями. Самая большая трудность заключается в получении достаточного представления о различных экосистемах в местах расположения залежей полезных ископаемых на морском дне, а также знаний, необходимых для предотвращения, сокращения и смягчения экологических последствий добычи ресурсов. Еще одной трудностью является получение общественного согласия, что может быть достигнуто благодаря транспарентности и коммуникации. Задачи, стоящие перед промышленными предприятиями, включают в себя совер-

шенствование горной техники и средств охраны окружающей среды, а также развитие «зеленых» технологий металлургической обработки. Кроме того, серьезные трудности будут обусловлены неизбежной волатильностью цен на металлы и рынков, а также конкуренцией с добывающими предприятиями, расположенными на суше.

Разработка морского дна еще до начала выемки руды строго регулируется. Это возможность с самого начала применять осторожный подход и адаптивные принципы управления с опорой на данные мониторинга в режиме реального времени.

1.3. Общий обзор

Основным видом морских добычных работ по-прежнему является добыча агрегатов в море, которая считается средством смягчения огромных негативных последствий как легальной, так и нелегальной добычи песка на пляжах и берегах (Torres and others, 2017). В разделе 2 содержится обновленная информация об этом виде деятельности, а также говорится о других прибрежных мелководных месторождениях (россыпи алмазов и олова, запасы железистого песка и месторождения фосфоритов) и о разработке морского дна. Экономический интерес в настоящее время

представляют полиметаллические конкреции (ПК), массивные сульфиды морского дна (МС) (или полиметаллические сульфиды) и кобальтоносные железомарганцевые корки (КЖК) (см. рис. 1 выше). В разделе 3 рассматриваются морская среда и необходимость сбора достаточных данных и информации об экологических последствиях, которые могут возникнуть в результате эксплуатации ресурсов. Предполагаемые экономические и социальные последствия, связанные с разработкой морского дна, излагаются в разделе 4. Наконец, в разделе 5 перечисляются основные потребности в области создания потенциала.

2. Изменения в масштабах и степени значимости разработки морского дна

В первой «Оценке» говорилось о статусе активной морской добычи, которая, как и прежде, ограничивается разработкой мелководных месторождений в прибрежных районах. Некоторые новые сведения представлены ниже, но со времени первой «Оценки» в этой области мало что изменилось.

2.1. Текущий статус изменений

2.1.1. Обновленные сведения о добыче агрегатов, песка и гравия

В первой «Оценке» приводится тщательный обзор добычи агрегатов и говорится о серьезных пагубных последствиях добычи песка с пляжей, особенно в плане уязвимости прибрежных районов и их способности противостоять наводнениям, штормовым волнам, цунами и повышению уровня моря. Из-за этих последствий в мире растет интерес к таким альтернативным решениям, как добыча агрегатов в море.

Как и во время проведения первой «Оценки», агрегаты являются наиболее активно добываемыми в морской среде материалами; добыча ведется, как правило, на глубине менее 50 метров. В 2016 году лидером по морской добыче агрегатов были Нидерланды (12,5 млн тонн), за которыми следуют Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии (11,9 млн тонн), Германия (10 млн тонн), Франция (7 млн тонн), Дания (6,6 млн тонн) и Бельгия (6,6 млн тонн) (Union européenne des producteurs de granulats, 2018).

В Бельгии в 2017 году не велась добыча гравия с континентального шельфа, а в поправках 2014 года к закону, регулиющему морскую добычу песка и гравия, оговариваются максимальные объемы песка, которые могут добываться на определенных участках, и предусмотрено ежегодное уменьшение объемов на 1 процент в период с 2014 по 2019 год (International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2018). В Финляндии в 2017 году морская добыча не велась, но были выданы разрешения на выемку в течение периода до 2027 года 8 млн кубометров песка у побережья в Хельсинки и в устье реки Иййоки (ICES, 2018). За период после первой «Оценки» активизировалась добыча песка и гравия в Соединенных Штатах, где они используются в качестве основного материала для проектов по восстановлению прибрежных районов после штормов, особенно вдоль побережий Атлантического океана и Мексиканского залива. В одном только Атлантическом регионе Соединенных Штатов общий объем добычи агрегатов в 2018 году составил 17,45 млн кубометров, причем 97 процентов материалов было использовано в государственных проектах по восстановлению пляжей (прибрежных районов) (ICES, 2019). Китай располагает обширными запасами морских агрегатов, расположенными главным образом в Восточно-Китайском море, Тайваньском проливе и на северном континентальном шельфе Южно-Китайского моря и составляющими, по приблизительным оценкам, $1,6 \times 10^{12}$ тонн (Qin

and others, 2014). К числу других стран, которые, как уже указывалось в первой «Оценке», активно ведут добычу агрегатов в море, относятся Индия, Кирибати, Республика Корея и Япония.

Современные тенденции развития указывают на то, что в ближайшие годы спрос на песок, связанный в значительной степени со стремительной урбанизацией, будет расти ускоренными темпами, создавая дополнительную нагрузку на ограниченные запасы песка и провоцируя конфликты во всем мире (Torres and others, 2017). В этой связи возникает потребность в технологических инновациях, которые позволят свести к минимуму воздействие на окружающую среду (Gavriletea, 2017), а также комплексных исследованиях, которые позволят лучше понять состояние морской среды и время, необходимое для восстановления после работ по добыче агрегатов (например, Gonçalves and others, 2014), особенно в отношении бентических и планктонных экосистем.

2.1.2. Обновленные сведения о добыче россыпных алмазов

Добыча россыпных алмазов подробно освещалась в первой «Оценке», но необходимо привести некоторые обновленные сведения. Около 75 процентов добычи алмазов в Намибии ведется на морских россыпных месторождениях. Debmagine, совместное предприятие компании De Beers и Намибии с равными долями участия, в настоящее время строит новое судно для добычи полезных ископаемых (пароход «Нуджрома»), эксплуатация которого позволит увеличить объем морской добычи алмазов примерно на 500 000 каратов в год². Это строящееся на заказ судно будет готово к работе в 2022 году и оснащено новыми технологиями, обеспечивающими более высокую эффективность и производительность. Добыча россыпных алмазов у берегов Намибии в настоящее время ведется на глубине до 200 метров.

2.1.3. Обновленные сведения о разработке россыпных месторождений олова

Россыпные месторождения в руслах рек, долинах и на морском дне составляют почти 80 процентов мировых запасов олова (Kamilli and others,

2017). Самое большое количество россыпей на суше и в море относится к огромному «оловянному поясу» Юго-Восточной Азии. В 2017 году Индонезия заняла второе место в мире по производству олова, которое она добывает как на суше, так и в море практически в равных объемах, и первое место по добыче олова в море. Согласно годовому отчету горнодобывающего предприятия PT Timah Tbk за 2018 год, общий объем производства олова в Индонезии, который в 2016 году составлял 24 121 тонну, вырос в 2018 году до 33 444 тонн (самый высокий уровень с 2012 года³. По величине запасов (800 000 тонн) Индонезия уступает лишь Китаю [1 100 000 тонн] (United States Geological Survey (USGS), 2019); по оценкам Timah, ресурсы олова в Индонезии составляют 1 043 633 тонны. В контексте морской добычи Timah изучает возможность использования технологии скважинной добычи, которая, по мнению компании, может способствовать увеличению объема добычи оловянной руды при значительно меньшем воздействии на окружающую среду. Это станет важным событием, поскольку разработка россыпных месторождений олова в море осуществляется методом драгирования, который оказывает пагубное экологическое воздействие на бентические, среднеглубинные и пелагические экосистемы.

Для сравнения: в 2018 году в Малайзии было добыто всего 4000 тонн, в то время как запасы оцениваются в 250 000 тонн (USGS, 2019). Традиционно Малайзия производит 55 процентов используемого во всем мире олова (Kamilli and others, 2017).

2.1.4. Обновленные сведения о запасах железистого песка

Железистый песок — это песок с содержанием оксида железа (обычно магнетита), который встречается в основном в прибрежных районах. Этот песок добывается для извлечения из него железа для использования в сталелитейной промышленности. В первой «Оценке» анализировалась ситуация с запасами железистого песка у берегов Новой Зеландии на глубине от 20 до 42 м. В мае 2014 года компании Trans-Tasman Resources Limited (TTR) было выдано

² См. www.mining-technology.com/features/giant-mining-vessels-how-high-quality-gems-are-exploited-from-the-sea.

³ См. <https://timah.com/>.

разрешение на добычу до 50 млн тонн руды в год в течение 20 лет на участке площадью 66 км² в качестве первого шага в деятельности по регулированию добычи. Как сообщалось в первой «Оценке», полномочный комитет Новозеландского управления по охране окружающей среды в июне 2014 года отказался выдать экологическое разрешение на добычу, сославшись на недостаточные экологические данные. Однако в августе 2018 года на основании пересмотренной заявки комитет выдал экологическое разрешение на выемку до 50 млн тонн железистого песка в год в течение 35 лет. Впоследствии это решение было оспорено экологическими и рыбопромышленными группами, и в августе 2018 года Высокий суд Новой Зеландии постановил, что добыча вести не будет, и вернул дело в комитет для дальнейшего рассмотрения с учетом применяемых Судом правовых критериев адаптивного управления. TTR обжаловала решение Высокого суда в Апелляционном суде, а затем дело было передано в Верховный суд, где находится на данный момент.

Разрешения на разведку железистого песка в морских зонах Новой Зеландии были выданы еще трем компаниям. Компания Cass Offshore Minerals Limited имеет разрешение на разведку железистого песка у побережья Нью-Плимута, примерно в том же районе, в отношении которого действует разрешение на добычу, выданное TTR. В мае 2018 года компании Ironsands Offshore Mining Limited было выдано разрешение на разведочные работы в морском заповеднике у побережья Нью-Плимута, в том же районе, что и TTR и Cass. Pacific Offshore Mining имеет разрешение на разведку титанистого железняка (ильменита) в заливе Пленти, к востоку от острова Северный.

2.1.5. Месторождения фосфоритов: поднятие Чатем (Новая Зеландия), проект «Дон Диего» (Мексика) и проект по морской добыче фосфатов «Бекас» и другие проекты (Намибия)

Фосфорит — это осадочная порода, содержащая достаточное количество фосфатов, чтобы представлять экономический интерес. Фосфаты используются в сельском хозяйстве в качестве удобрений и в химической промышленности: например, в большинстве безалкогольных на-

питков используется фосфорная кислота. Ни на одном из трех лицензионных участков, перечисленных в настоящем разделе (месторасположение см. на рис. I), добыча еще не началась.

Компания Chatham Rock Phosphate (CRP) с декабря 2013 года имеет разрешение на добычу и в июне 2014 года подала заявку на экологическое разрешение, однако полномочный комитет, назначенный Новозеландским управлением по охране окружающей среды, отклонил эту заявку в феврале 2015 года. CRP рассчитывает вновь подать заявку в Управление по охране окружающей среды и добиться ее рассмотрения к концу 2021 года. Компания планирует ежегодно добывать 1,5 млн тонн фосфатов на участке площадью 820 км² и на глубине до 450 метров. В настоящее время CRP рассматривает возможность добычи редкоземельных элементов в качестве важного потенциального побочного продукта.

Потенциальный мексиканский проект по добыче фосфатов «Дон Диего» освещался в первой «Оценке», и к тому моменту компания Odyssey Marine Exploration представила в Секретариат по окружающей среде и природным ресурсам Мексики (СЕМАРНАТ) оценку экологического воздействия на предмет утверждения. Заявка на осуществление проекта по добыче фосфатов через дочернюю компанию Exploraciones Oseánicas была отклонена в апреле 2016 года. В 2018 году это решение было обжаловано в Административном суде Мексики, который постановил, что при вынесении решения не были учтены многочисленные предложенные меры по смягчению воздействия на окружающую среду, однако СЕМАРНАТ от своей позиции не отказался. В настоящее время в отношении проекта ведутся переговоры.

Компания Namibian Marine Phosphate Limited (NMP) получила лицензию на добычу (ML170) в июле 2011 года и в 2012 году представила оценку экологического воздействия и программу экологического обустройства. В сентябре 2016 года она получила экологическое разрешение на добычу полезных ископаемых; однако через два месяца, после того как несколько заинтересованных сторон выступили с протестом, разрешение было отозвано. NMP подала иск в Высокий суд Намибии. В мае 2018 года иск компании был удовлетворен, и Высокий суд аннулировал от-

звиз разрешения⁴. Работы NMP будут вестись на глубине 190–345 м на участке площадью около 2200 км² в 60 км от побережья Намибии. Разрешения на ведение работ в различных районах у берегов Намибии имеют также другие компании, включая CRP.

2.1.6. Разработка морского дна

В первой «Оценке» было указано, что в 2017 году в бассейне Манус (море Бисмарка, исключительная экономическая зона Папуа — Новой Гвинеи) может начаться добыча полиметаллических сульфидов. Однако ввиду невозможности собрать необходимые средства от этого плана пришлось отказаться⁵.

Тихоокеанские островные государства разрабатывают и принимают законы о добыче полезных ископаемых на морском дне в районах в пределах их национальной юрисдикции. Принятие национальных нормативных документов поддерживается в рамках различных инициатив, включая текущую работу Тихоокеанского консорциума по морским границам и финансируемый Европейским союзом проект Тихоокеанского сообщества по глубоководным полезным ископаемым (2011–2016 годы).

В настоящее время МОМД курирует 30 контрактов на разведочные работы⁶. На момент подготовки настоящего документа единственным континентом, чьи страны не выступали поручителями разведочной деятельности в Районе, была Африка. В МОМД идет работа над проектом правил разработки морских минеральных ресурсов в Районе, и Совет МОМД считает их принятие безотлагательной задачей⁷.

2.1.6.1. Полиметаллические конкреции

ПК формируются преимущественно на покрытом осадочными отложениями дне в абиссальных зонах Мирового океана на глубине около 3500–6500 м (Kuhn and others, 2017) (см. рис. I, II.C и II.D). Экономический интерес в этих залежах представляют главным образом никель,

медь, кобальт и марганец, хотя молибден, титан, литий, цирконий, редкоземельные элементы и иттрий также встречаются в высоких концентрациях (Hein and others, 2013; Kuhn and others, 2017).

На момент составления настоящего документа в силу вступили 18 контрактов на разведку ПК: 16 контрактов на разведку в зоне разлома Клариион-Клиппертон в северо-восточной части Тихого океана (см. рисунок III), 1 — в северо-западной части Тихого океана и 1 — в Центральной котловине Индийского океана. Размер разведочного участка, выделяемого подрядчику, может достигать 150 000 км², но по истечении восьми лет с даты подписания контракта не должен превышать 75 000 км²⁸.

Помимо зоны Клариион-Клиппертон, перспективные участки встречаются в Перуанском бассейне и в бассейнах Пенрин и Самоа. Хотя большинство конкреционных полей находится в Районе, крупные залежи ПК обнаруживаются также в исключительной экономической зоне, в частности, Островов Кука, Кирибати, Ниуэ и Американского Самоа (Соединенные Штаты) (Hein and others, 2005; 2015).

2.1.6.2. Массивные сульфиды морского дна, или полиметаллические сульфиды

Высокотемпературные гидротермальные системы присутствуют во всех океанических бассейнах вдоль осей спрединга в срединно-океанических хребтах, а также в зонах спрединга вдоль вулканических дуг и в задуговых бассейнах (см. рис. I). Продуктами самых высокотемпературных процессов являются массивные сульфиды морского дна и сульфатные отложения (характерные для сосредоточенных потоков, таких как трубчатые образования); для рассеянных потоков более низкой температуры характерны гидротермальные месторождения марганца и оксида железа (см. рис. II.E и II.F). Залежи могут образовываться на глубине 200–5000 м, причем более глубоководные залежи располагаются, как правило, вдоль осей спрединга, а более мелководные — вдоль вулканических дуг.

⁴ См. <https://namiblii.org/na/judgment/high-court-main-division/2018/122>.

⁵ См. <https://dsmf.im>.

⁶ См. <https://isa.org.jm/index.php/exploration-contracts>.

⁷ См. документ ISBA/24/C/8/Add.1, п. 7.

⁸ См. документ ISBA/19/C/17, правило 25.

Рисунок II

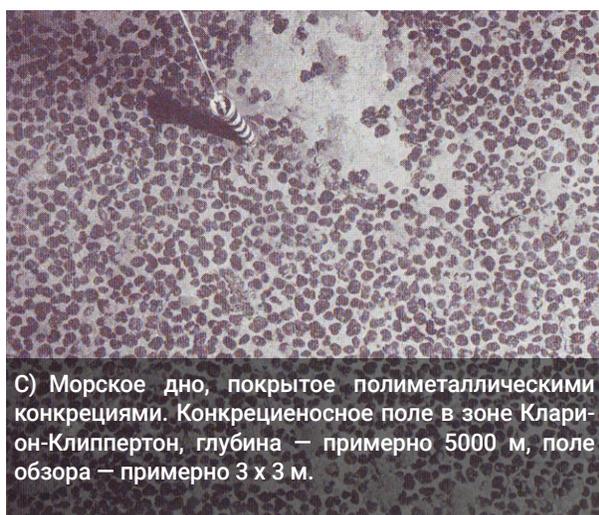
Фотографии морского дна и месторождений корок, конкреций и полиметаллических сульфидов



А) Кобальтоносные железомарганцевые корки на морском дне в районе Маршалловых Островов в западной части Тихого океана (экспедиция Геологической службы США F10-89-CP), глубина — около 1650 м, поле обзора — примерно 3 x 3 м.



В) Корка толщиной 12 см, поднятая с участка на глубине 2225 м у острова Джонстон в центральной части Тихого океана (CD29-2, экспедиция Геологической службы США F7-86-HW). Масштабная отметка — 10 см.



С) Морское дно, покрытое полиметаллическими конкрециями. Конкрециеносное поле в зоне Кларин-Клиппертон, глубина — примерно 5000 м, поле обзора — примерно 3 x 3 м.



Д) Полиметаллические конкреции из зоны Кларин-Клиппертон в северо-восточной части Тихого океана; диаметр каждой конкреции составляет 3 см, глубина, с которой они были подняты — примерно 5000 м.



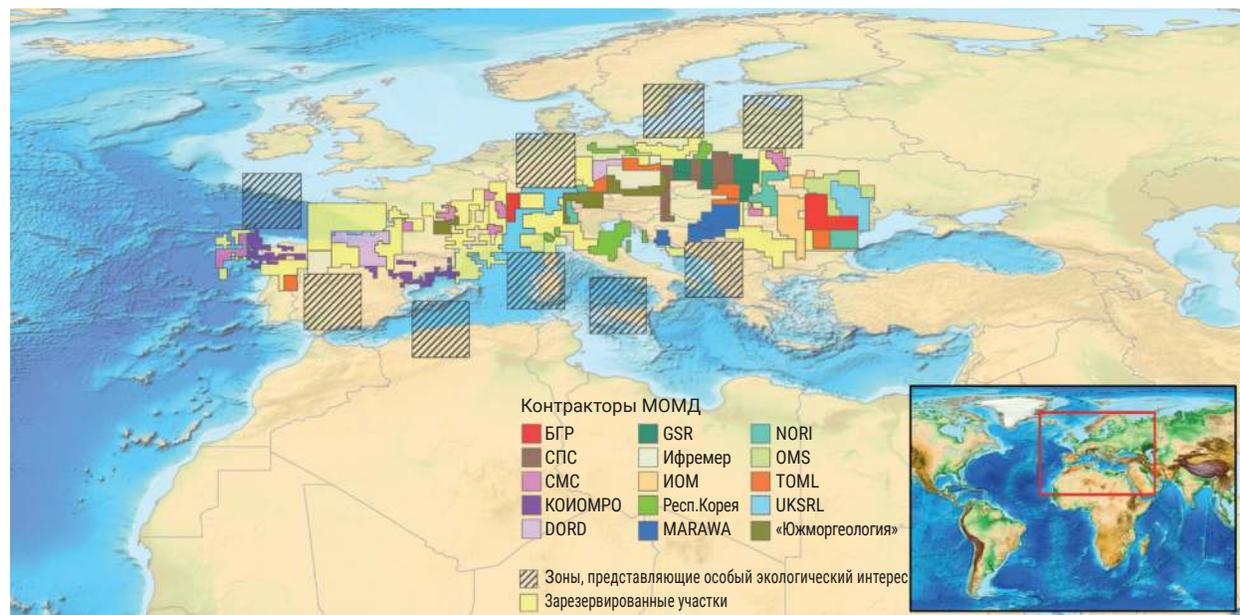
Е) Активный «черный курильщик» на морском дне в северо-восточной части Тихого океана, глубина — примерно 2200 м, поле обзора — примерно 4 x 4 м (Национальная администрация по океану и атмосфере, Огненное кольцо).



Ф) Поперечный разрез большой трубы из сульфида цинка с обозначением желтого кремнеземного канала, через который поступали горячие жидкости; извлечена на глубине 377 м, Марианская вулканическая дуга, западная часть Тихого океана (Японское агентство мореземледческой науки и техники, экспедиция NT10-12).

Рисунок III

Карта контрактных районов Международного органа по морскому дну в разломной зоне Клариион-Клиппертон, наложенная на карту Европы для демонстрации масштаба



Источник: International Seabed Authority, 2019: Clarion-Clipperton Zone

Сокращения: БГР – Федеральный институт землеведения и природных ресурсов Германии; СПС – Инвестиционная корпорация Островов Кука; СМС – China Minmetals Corporation; КОИОМРО – Китайское объединение по исследованию и освоению минеральных ресурсов океана; DORD – Deep Ocean Resources Development Co. Ltd.; GSR – Global Sea Mineral Resources NV; Ифремер – Французский научно-исследовательский институт по эксплуатации морских ресурсов; ИОМ – совместная организация «Интерокеанметалл»; Респ. Корея – правительство Республики Корея; MARAWA – Marawa Research and Exploration Ltd.; NORI – Nauru Ocean Resources Inc.; OMS – Ocean Mineral Singapore Pte. Ltd.; TOML – Tonga Offshore Mining Limited; UKSRL – UK Seabed Resources Ltd.

В месторождениях массивных сульфидов на всех глубинах в высокой концентрации присутствуют медь, цинк, золото и серебро. Масса активно формирующихся месторождений, как правило, малоизвестна, но обычно невелика. Масса и сортность неактивных и не расположенных вдоль оси месторождений массивных сульфидов известны в еще меньшей степени, но такие месторождения, скорее всего, крупнее и по массе сопоставимы с некоторыми наземными аналогами (German and others, 2016; Jamieson and others, 2017).

Гидротермальные месторождения массивных сульфидов распространены в исключительной экономической зоне многих государств Тихого океана, таких как Вануату, Новая Зеландия, Соломоновы Острова, Тонга, Фиджи и Япония, а также Норвегии и Португалии в Атлантическом океане

и Саудовской Аравии и Судана в Красном море. В последнем случае речь идет о рудноносных отложениях месторождения «Атлантис-II», которое, возможно, является единственным месторождением массивных сульфидов, сходным по масштабу с крупными наземными месторождениями (до 90 млн тонн) (Hoagland and others, 2010).

В Районе с 2011 года действуют семь контрактов на разведку полиметаллических сульфидов: три относятся к участкам в Атлантическом океане и четыре – в Индийском. Участок, охватываемый каждым контрактом, состоит не более чем из 100 блоков, объединенных в пять или более групп; размер каждого блока составляет примерно 10 на 10 км, площадь не превышает 100 км². К концу десятого года с даты подписания контракта площадь разведочного участка не должна превышать 2500 км²⁹.

⁹ См. документ ISBA/16/A/12/Rev.1, правила 12 и 27.

2.1.6.3. Кобальтоносные железомарганцевые корки

КЖК образуются на склонах и вершинах подводных гор, хребтов и плато, на обнаженных коренных породах на морском дне (см. рис. II.A и II.B). В океанических бассейнах встречается много тысяч таких образований, и они особенно многочисленны в Тихом океане (см. рис. I). КЖК залегают на глубине примерно 400–7000 м. Помимо кобальта, никеля и марганца, в КЖК содержатся многочисленные редкие и критические металлы, которые представляют экономический интерес и могут применяться в современных технологиях и технологиях нового поколения, особенно теллур, ниобий, редкоземельные элементы и иттрий, скандий и металлы платиновой группы (Hein and others, 2013; 2017). С учетом сортности, массы, топографии, возраста океанической коры и океанографических условий наилучшие в плане разведки и будущей добычи КЖК участки в Районе и зонах национальной юрисдикции, по мнению некоторых исследователей (Hein and others, 2009; 2013), расположены в Главной корковой зоне в центральной части Тихого океана, в которую входят, в том числе, исключительная экономическая зона островов Бонин (Япония), Содружества Северных Марианских островов (Соединенные Штаты), островов Идзу (Япония), атолла Джонстон (Соединенные Штаты) и Маршалловых Островов. Морские горы и хребты в пределах огромной Главной корковой зоны относятся наполовину к исключительным экономическим зонам и наполовину к Району. Участки меньшего ресурсного потенциала в Тихом океане находятся в исключительной экономической зоне Кирибати, Ниуэ, Тувалу и Французской Полинезии (Франция). На подводных горах в Северо-Восточной Атлантике (исключительные экономические зоны Португалии и Испании) также обнаруживаются металлы, которые из-за своей сортности и массы заслуживают дальнейшего изучения.

В настоящее время в Районе ведется разведка КЖК в соответствии с пятью заключенными МОМД контрактами: четыре контракта относятся к западной части Главной корковой зоны и один — юго-западной части Атлантического океана.

Участок, охватываемый каждым контрактом на разведку, состоит не более чем из 150 блоков, объединенных в группы; каждый блок может иметь квадратную или прямоугольную форму и площадь не более 20 км². К концу десятого года с даты подписания контракта площадь разведочного участка не должна превышать 1000 км²¹⁰.

2.2. Технологические достижения

Развитие технологий в отношении КЖК значительно отстает от развития технологий по массивным сульфидам и полиметаллическим конкрециям и в данном разделе не рассматривается.

2.2.1. Массивные сульфиды морского дна

Со времени первой «Оценки» было проведено несколько пробных добычных операций на местах, наиболее масштабной из которых была двухмесячная операция, проведенная Японской национальной корпорацией по нефти, газу и металлам летом 2017 года в исключительной экономической зоне Японии в районе префектуры Окинава на глубине 1600 м (METI, 2017). В ходе этой операции было проведено контрольное испытание всех компонентов системы, предусмотренной для извлечения массивных сульфидов с морского дна (см. рис. IV.D). Также были впервые испытаны три горные машины, спроектированные компанией Nautilus Minerals и предназначенные для разработки месторождения массивных сульфидов Solwara 1 у побережья Папуа — Новой Гвинеи. Эти машины, построенные компанией Soil Machine Dynamics, были испытаны под водой на закрытом добычном участке у острова Мотукеа¹¹. Уже разработаны или находятся в стадии разработки и другие инструменты для добычи массивных сульфидов, например траншеекопательная машина Bauer BC40 (см. рис. IV.C).

2.2.2. Полиметаллические конкреции

В 2019 году в зоне Кларион-Клиппертон и на контрактных участках Федерального института земледования и природных ресурсов и компании Global Sea Mineral Resources NV (GSR), поручителями которых являются соответственно Германия и Бельгия, на глубине около 4500 м должно было состояться натурное испытание техноло-

¹⁰ См. документ ISBA/18/A/11, правила 12 и 27.

¹¹ См. <https://dsmobserver.com/2017/07/nautilus-png-submerged-trials/>.

Рисунок IV

Прототипы новых агрегатов для глубоководной морской добычи



- A. Машина для добычи полиметаллических конкреций Patania II компании Global Seabed Mineral Resources (GSR, Бельгия) (фото используется с разрешения GSR).
- B. Машина для добычи полиметаллических конкреций Корейского научно-исследовательского института кораблестроения и океанографической инженерии (автор фотографии – Дж. Хайн).
- C. Траншеекопательная машина BC40 компании Bauer Maschinen GmbH для добычи массивных сульфидов.
- D. Машина для добычи полиметаллических сульфидов Японской национальной корпорации по нефти, газу и металлам, испытанная на сульфидном месторождении в Окинавском прогибе летом 2017 года.

гии добычи полиметаллических конкреций. Должен был быть испытан прототип агрегата сбора конкреций Patania II, созданный корпорацией DEME, подразделением которой является GSR (см. рис. IV.A). Из-за повреждения соединителя, которое повлекло за собой аварийное отключение питания, испытания не состоялись¹². В 2017 году также в зоне Кларион-Клиппертон GSR успешно запустила предварительный прототип агрегата для сбора конкреций Patania I. Уже разработаны или находятся в стадии разработки и другие инструменты для добычи конкреций, например тандемный инструмент Корейского научно-исследовательского института кораблестроения и океанографической инженерии (см. рисунок IV.B), предназначенный для сбора конкреций и их дробления до подачи в буферную систему и затем в подъемную трубу.

2.3. Направления будущей работы

Построение низкоуглеродного будущего, курс на которое взяло большинство правительств, могло бы оживить интерес к разработке морского дна и привести к поиску новых возможностей для добычи руды. Большая часть деятельности, связанной с разработкой морского дна, могла

бы вестись в Районе, к которому относится большинство абиссальных равнин, а также большинство участков срединно-океанических хребтов и подводных гор на морском дне. Это должно способствовать смене парадигмы в горнодобывающей промышленности. Разработка морского дна будет в основном контролироваться международным сообществом в рамках деятельности МОМД, который на сегодняшний день насчитывает 168 членов. Однако много вопросов, которые необходимо решать на глобальном уровне, пока остаются без ответа. Например, каким образом эта потенциальная экономическая деятельность повлияет на добычу полезных ископаемых на суше, которая зачастую является важным источником дохода во многих развивающихся странах? И каким образом и в какой степени разработка морского дна будет влиять на окружающую среду в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе? Для того чтобы ответить по крайней мере на второй вопрос, по-прежнему необходимо добиться значительного технологического прогресса для мониторинга морской среды на местах и получения репрезентативных пространственных данных и данных временного ряда.

3. Экологические аспекты

3.1. Достижения в области накопления знаний и изучения воздействия на окружающую среду

К глубоководной среде относится более 90 процентов площади Мирового океана, и она включает в себя различные экосистемы и местообитания, расположенные на дне или в водной толще (Ramirez-Llodra and others, 2011; Gollner and others, 2017). Разные виды минеральных ресурсов на морском дне залегают в районах, которые в силу своих различных геологических и океанографических характеристик представляют собой многообразные местообитания всевозможных сообществ.

Нормативные акты, направленные на предотвращение, снижение и смягчение воздействия на связанную и не связанную с ресурсами фауну,

как правило, касаются таких факторов, как физическое воздействие, шум, свет и шлейфы загрязняющих частиц. За последнее десятилетие в рамках ряда проектов и инициатив были выявлены различные вероятные последствия разработки морского дна, например изучены масштабы и воздействие осадочных шлейфов или столбов воды вдали от непосредственно разрабатываемых участков и их потенциальная токсичность (Managing Impacts of Deep-Sea Resource Exploitation, 2016). К ожидаемым последствиям для экосистем (см. таблицу ниже) относятся ограничение контакта между популяциями, нарушение жизненного цикла организмов, поведенческие изменения, утрата видов и местообитаний, воздействие на структуру и функционирование экосистем и изменение химического

¹² См. www.deme-gsr.com/news/article/patania-ii-technical-update/.

состава водной толщи. Некоторые глубоководные виды и экосистемы имеют свои факторы уязвимости, такие как относительно позднее созревание, медленные темпы роста, большая продолжительность жизни и медленные или непредсказуемые темпы пополнения.

Результаты недавних исследований указывают на роль всех ресурсов морского дна в качестве важнейших местообитаний различных сообществ. С полиметаллическими конкрециями, которые являются преобладающим твердым материалом на абиссальных равнинах зоны Кларин-Клиппертон, связаны многочисленные местообитания различных видов фауны (Vanreusel and others, 2016; Simon-Lledó and others, 2019a). Экосистемы активных гидротермальных источников представляют собой необычные, фрагментированные местообитания, заселенные эндемическими хемосинтезирующими организмами и в основном редкими видами (Van Dover and others, 2018). Массивные сульфиды, связанные с полями неактивных источников, изучены недостаточно хорошо, однако в имеющихся публикациях говорится о наличии холодноводных кораллов и губок, чью зависимость от микробных сообществ еще предстоит определить (Boschen and others, 2016; Van Dover, 2019). С кобальтоносными железомарганцевыми корками на подводных горах в зависимости от расположения и глубины связаны различные экосистемы, включая холодноводные кораллы и губки, а также другие образующие местообитания виды (Rowden and others, 2010).

На одном из недавно состоявшихся практикумов, посвященном оценке характера среднеслоевых шлейфов в результате добычных работ и их потенциального воздействия на среднеслоевые экосистемы, говорилось о том, что разработка морского дна может по-разному воздействовать на среднеслоевые организмы, но масштабы потенциальных нарушений пока неясны, а также было предложено продолжить исследования пелагической фауны, особенно в среднеслоевых батимальных и абиссальных пелагических сообществах (Drazen and others, 2019).

Хотя добыча полезных ископаемых в коммерческих масштабах пока не ведется, в глубоководной среде было проведено несколько экспериментов по имитации добычной деятельности.

Впервые опытно-промышленная добыча конкреций была проведена в 1970 году. С тех пор был проведен ряд маломасштабных пробных добычных работ или научных экспериментов по имитации добычных операций. Результаты моделирования воздействия добычных операций устанавливают нижний предел вероятной интенсивности воздействия нарушений в результате добычи и времени, необходимого для восстановления бентических сообществ [Jones and others, 2017 (плюс приводимые там источники)]. Модели, разработанные для имитации добычи конкреций, дают представление о процессах восстановления после мелкомасштабных нарушений, произошедших не более 26 лет назад на абиссальных равнинах (Gollner and others, 2017; Jones and others, 2017). Результаты проведенных исследований показали, что крупная неподвижная фауна очень медленно восстанавливается после нарушений (см. также Vanreusel and others, 2016) и что значительные последствия нарушений и трудности с восстановлением неизменно прослеживаются даже в течение десятилетий (Jones and others, 2017). Хотя воздействие на фауну конкреций было полностью ожидаемо, поскольку конкреции формируются в течение миллионов лет, отмечаются также важные последствия для организмов, обитающих в осадочных породах, непосредственно на месте проведения работ или поблизости (Simon-Lledó and others, 2019b).

3.2. Политика и законодательство: новые правила и директивные документы, а также действия на международном, региональном и национальном уровнях

На ближайшие десятилетия прогнозируется увеличение объема добычи песка и гравия в прибрежных районах с возможным расширением зоны добычи до участков на глубине более 50 м. В сфере добычи морских агрегатов ожидается ужесточение экологического регулирования и разработка более экологичных добычных технологий (например, Ellis and others, 2017; Kaikkonen and others, 2018).

Стандарты и руководящие принципы рационального природопользования в контексте разработки морского дна находятся на ранней стадии разработки (Jones and others, 2019).

Факторы давления, связанные с разработкой морского дна, потенциальное воздействие на различные местообитания и экосистемные услуги, которые могут быть затронуты^a

Фактор давления	Потенциальное воздействие	Затрагиваемые экосистемные услуги	Местообитания
Извлечение субстрата морского дна	<ul style="list-style-type: none"> - Утрата бентической фауны непосредственно в результате удаления - Изменения в составе донных отложений - Утрата или деградация среды обитания - Стресс для фауны 	<p>Поддержка</p> <ul style="list-style-type: none"> - Круговорот питательных веществ - Циркуляция - Хемосинтез - Вторичные продукты - Биологическое разнообразие 	<ul style="list-style-type: none"> - Бентопелагические - Бентические
		<p>Регулирование</p> <ul style="list-style-type: none"> - Секвестрация углерода - Биологическая регуляция - Регенерация питательных веществ - Формирование биологической среды обитания 	<ul style="list-style-type: none"> - Бентопелагические - Бентические
Шлейфы в результате добычи	<ul style="list-style-type: none"> - Утрата бентических организмов (от макрофауны до микроорганизмов) или нанесение им вреда в результате истощения кислорода - Изменения в поведении животных - Изменения в составе донных отложений - Изменения в морфологии морского дна 	<p>Обеспечение ресурсов</p> <ul style="list-style-type: none"> - Биовосстановление и обезвреживание - Хранение CO₂ - Рыболовство - Природные продукты 	<ul style="list-style-type: none"> - Пелагические - Бентопелагические - Бентические
		<ul style="list-style-type: none"> - Засорение органов питания, осязания и дыхания - Механическое повреждение тканей - Стресс 	<ul style="list-style-type: none"> - Пелагические - Бентопелагические - Бентические
Шлейфы в результате удаления воды	<ul style="list-style-type: none"> - Засорение органов питания, осязания и дыхания - Механическое повреждение тканей - Стресс 	<ul style="list-style-type: none"> - Биовосстановление и обезвреживание - Хранение CO₂ - Рыболовство - Природные продукты 	<ul style="list-style-type: none"> - Пелагические - Бентопелагические - Бентические
Высвобождение веществ из осадочных пород (шлейфы в результате добычи и удаления воды)	<ul style="list-style-type: none"> - Токсичность - Высвобождение питательных веществ - Мутность воды 	<ul style="list-style-type: none"> - Биовосстановление и обезвреживание - Хранение CO₂ - Рыболовство - Природные продукты 	<ul style="list-style-type: none"> - Пелагические - Бентопелагические - Бентические
Подводный шум	Беспокойство животных		<ul style="list-style-type: none"> - Пелагические - Бентопелагические - Бентические
Подводный свет	Беспокойство животных		<ul style="list-style-type: none"> - Пелагические - Бентопелагические - Бентические

^a См. также, например, Thurber and others, 2014.

В целях регулирования поисково-разведочной деятельности МОМД утвердил «добычный устав» и планирует принять правила разработки полезных ископаемых в Районе. Составление этих правил будет осуществляться одновременно с разработкой стандартов и руководящих принципов, направленных на постановку экологических

целей и определение экологических пороговых значений. Важнейшим инструментом для постановки экологических целей является принятие региональных планов экологического обустройства в отношении районов, в которых действуют разведочные контракты. Первый план экологического обустройства был разработан МОМД

в отношении полиметаллических конкреций в зоне Кларион-Клиппертон в 2011 году и принят в 2012 году¹³. Было проведено или запланировано на ближайшее будущее несколько семинаров для определения критериев в целях содействия разработке новых региональных планов экологического обустройства¹⁴.

По итогам сравнительного исследования действующего национального законодательства в области разработки морского дна выяснилось, что по состоянию на 5 июня 2018 года информацию о национальных законах, касающихся деятельности по разработке морского дна, или их тексты МОМД предоставило в общей сложности 31 государство¹⁵.

3.3. Пробелы в данных, информации и знаниях

Для определения и точной количественной оценки воздействия добычной деятельности в водной толще и на морском дне можно было бы использовать конкретные экологические показатели, определяющие хорошее состояние

окружающей среды и допустимые пороговые значения воздействия. На сегодняшний день информации о глубоководных экосистемах, жизненном цикле и биологических характеристиках глубоководных организмов, особенностях будущих технологий добычи и реакции глубоководных организмов на воздействие добычной деятельности крайне мало. Следовательно, добычная деятельность может повлечь за собой непредвиденные последствия. Пробелы в знаниях можно сгруппировать по трем категориям: биоразнообразие; взаимосвязанность; функции и услуги (Miller and others, 2018; Thornborough and others, 2019). По-прежнему недостаточно сведений об основных компонентах каждой экологической системы, о взаимодействии между этими компонентами и о зависимости экосистем от экологических градиентов. Эта базовая экологическая информация необходима для прогнозирования воздействия изменений на биоразнообразие, взаимосвязанность видов и экосистемные функции и услуги.

4. Экономические и социальные последствия

4.1. Экономические последствия

Экономические параметры разработки морского дна тесно связаны с уровнем развития горных технологий и растущим спросом на металлы, применяющиеся в сфере передовых технологий. Из трех типов полезных ископаемых морского дна, рассматриваемых в настоящей главе, наиболее близка к стадии добычи деятельность, связанная с полиметаллическими конкрециями. Это объясняется относительной легкостью извлечения конкреций из-за их дискретной структуры и ожидаемым ростом спроса на металлы, в частности кобальт и никель, применяемые в технологиях «зеленой» энергетики. В этой связи в настоящем разделе основное внимание уделяется экономическим аспектам, касающимся именно конкреций.

4.1.1. Экономические аспекты добычи полиметаллических конкреций с морского дна

Коммерческая добыча полиметаллических конкреций будет зависеть не только от общих экономических параметров системы, но и от экономических соображений отдельных заинтересованных сторон. Хотя потенциальный доход от продажи металлов будет достаточно большим, чтобы оправдать значительные капиталовложения и операционные расходы, связанные с разработкой морского дна, в первую очередь этот доход предназначается для покрытия административных расходов МОМД. Остальные средства могут быть использованы для выполнения других обязательств, предусмотренных частью XI Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву¹⁶ и Соглашением

¹³ См. документы ISBA/17/LTC/7 и ISBA/18/C/22.

¹⁴ См. документ ISBA/24/C/3.

¹⁵ URL: www.isa.org.jm/national-legislation-database.

¹⁶ United Nations, *Treaty Series*, vol. 1834, No. 31363.

об осуществлении части XI Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву от 10 декабря 1982 года¹⁷, включая справедливое распределение выгод в соответствии со статьей 140 и пунктом 2 g) статьи 160 Конвенции и выплату компенсации развивающимся странам, ведущим добычу на суше, если они пострадают в результате влияния разработки морского дна на цены на металлы. Также необходимо предусмотреть средства для финансирования экологического мониторинга, контроля за соблюдением нормативных положений и усилий по восстановлению. Добычная деятельность будет вестись только в том случае, если средства, оставшиеся после произведения выплат МОМД (или их эквивалентов в случае разработки морского дна в районах национальной юрисдикции), смогут покрывать операционные расходы и обеспечивать достаточный доход для привлечения инвестиций. Предварительный анализ экономических аспектов разработки морского дна позволяет предположить, что доходы могут достигнуть такого уровня, однако некоторые вопросы остаются нерешенными, включая объем средств, необходимых для выполнения обязательств по части XI Конвенции, ответственность за экологический ущерб и уровень дохода, требуемый инвесторами.

4.1.2. Поступления от продажи металлов

Хотя полиметаллические конкреции содержат многочисленные металлы, в настоящее время только четыре из них встречаются в достаточно высоких концентрациях, чтобы оправдать затраты на их извлечение для металлообрабатывающих предприятий. Самым широко представленным металлом (по массе), безусловно, является марганец, который составляет важную часть потока доходов, несмотря на относительно низкие рыночные цены на него. Хотя кобальт, медь и никель встречаются в более низкой концентрации, они стоят дороже и поэтому являются важными источниками дохода.

Будущие цены на металлы с трудом поддаются прогнозированию и могут отклоняться от ожидаемых значений, и эта неопределенность может создавать значительные риски для инвесторов.

И кобальт, и никель, как ожидается, будут играть важную роль в будущих решениях в области накопления и хранения энергии, и поэтому спрос и цены на них могут существенно возрасти. Что касается марганца, то в результате добычи конкреций большое количество этого материала поступит на и без того малоактивный рынок, что само по себе может оказать значительное понижающее давление на цены.

4.1.3. Сбор конкреций, инвестиции в металлообработку и операционные расходы

В ведении МОМД находится деятельность, осуществляемая только на морских добычных участках, однако при оценке экономических факторов, которые будут оказывать влияние на инвестиции, необходимо учитывать расходы, сопряженные с деятельностью, осуществляемой за пределами юрисдикции МОМД. В этой связи при изучении финансовых систем необходимо принимать во внимание объем инвестиций и расходов в связи как с деятельностью на море, так и с последующими мероприятиями.

Что касается затрат, то сначала потребуются крупные стартовые инвестиции, а затем текущие операционные расходы. По мнению многих экспертов, с учетом эффекта масштаба самая маломасштабная операция будет подразумевать извлечение и переработку от 1,5 до 3 млн сухих тонн конкреций в год. Для добычи 3 млн сухих тонн конкреций в год потребуются стартовые инвестиции в размере примерно 4 млрд долл. США, включая около 300 млн долл. США на разведку и подготовку технико-экономического обоснования, более 1,5 млрд долл. США на оборудование по сбору конкреций и специальную систему их транспортировки и более 2 млрд долл. США на строительство металлообрабатывающего завода. Ежегодные операционные расходы оцениваются примерно в 1 млрд долл. США, из которых примерно треть отводится на сбор конкреций и две трети — на металлообработку. Поступления от продажи металлов в результате добычи 3 млн сухих тонн конкреций в год — с учетом металлургических потерь и отраслевых прогнозов долгосрочных цен на металлы — составят около 2,5 млрд долл. США в год.

¹⁷ Ibid., vol. 1836, No. 31364.

4.1.4. Распределение финансовых ресурсов среди заинтересованных сторон

Будет ли уровень средств, оставшихся после выполнения требований части XI Конвенции по морскому праву, достаточным для того, чтобы привлечь всех заинтересованных сторон к участию, пока неясно. Ожидается, что рынок конкреций, которые будут поступать от добывающих организаций металлообрабатывающим предприятиям через глобальный торговый клиринговый центр, начнет развиваться по мере и при условии их появления. Однако до тех пор, пока этот рынок не будет сформирован, экономические параметры системы можно анализировать только путем оценки объема потока поступлений между всеми заинтересованными сторонами. Компании по добыче конкреций будут платить МОМД роялти на этапе извлечения конкреций с морского дна. Металлообрабатывающие предприятия будут платить компаниям по добыче конкреций за этот ресурс. Металлообрабатывающие предприятия будут продавать готовую металлопродукцию на мировом рынке различным конечным потребителям. Соответствующие поступления должны будут покрыть все их операционные расходы, плюс выплаты компаниям по добыче (и транспортировке) конкреций. Любые излишки будут облагаться местным налогом на прибыль юридических лиц. Хотя эти средства не поступят в распоряжение МОМД, местные налоги могут оказать значительное влияние на экономическое положение других заинтересованных сторон и поэтому должны учитываться при определении того, принесет ли система достаточную прибыль, чтобы оправдать инвестиции.

Компании по добыче будут получать платежи за конкреции от металлообрабатывающих предприятий, но должны будут покрывать свои операционные расходы и выплачивать роялти МОМД (или местному органу, если добыча ведется в исключительной экономической зоне) за право на эксплуатацию конкреций. Им, возможно, также придется вносить средства в фонды обеспечения экологической устойчивости и выпускать облигации в качестве гарантий в случае непредвиденного экологического ущерба. Любая прибыль может облагаться налогами поручившимся государством и влечь за собой дополнительные выплаты роялти МОМД. МОМД будет

получать средства в виде роялти за права на конкреции. Он также может выступать распорядителем любых фондов обеспечения экологической устойчивости или облигаций по экологической ответственности. Размер роялти должен быть достаточным, чтобы компенсировать отказ от прав на конкреции, а также любые изменения в глубоководной среде.

В МОМД обсуждаются различные схемы роялти, включая схемы с фиксированными разовыми или двойными платежами *ad valorem*, схемы с платежами *ad valorem* по переменной ставке, зависящей от цен на металлы или других финансовых условий рынка, а также комбинированные схемы с фиксированным платежом *ad valorem* и дополнительным платежом по ставке, привязанной к прибыли. Схемы *ad valorem* — это схемы, в которых размер роялти привязан к стоимости извлекаемого металла. Каждая схема имеет свои преимущества и недостатки, в частности в плане того, какие заинтересованные стороны несут риски и извлекают выгоду в связи с изменением цен на металлы и расходов по проектам, а также в плане сроков получения дохода каждой из заинтересованных сторон.

4.1.5. Доход инвесторов и движение денежной наличности Международного органа по морскому дну

Ввиду необходимости значительных стартовых капиталовложений добывающие компании и металлообрабатывающие предприятия должны будут мобилизовывать средства на мировых рынках капитала. Предполагается, что финансирующие организации будут инвестировать средства только в том случае, если ставка их дохода на инвестиции при самых разумно обоснованных прогнозах цен на металлы и их стоимости составит около 18 процентов. В порядке сравнения: для инвестиций в традиционную добычу полезных ископаемых на суше необходима ставка дохода выше 15 процентов, при этом уровень технологического риска значительно ниже. Применение различных схем и ставок роялти обеспечит достаточные поступления контракторам для достижения таких ставок доходов. При этом до сих пор неясно, обеспечит ли какая-либо из этих схем достаточный доход для МОМД, чтобы компенсировать удаление конкреций и изменения в глубоководной среде.

4.2. Социальные последствия

Считается, что потенциальные социальные последствия деятельности по разработке морского дна будут комплексными и кумулятивными (Koschinsky and others, 2018). Хотя последствия, которые может повлечь за собой разработка морского дна, могут быть самыми разными, по общему мнению, ее прямое воздействие на общество будет менее значительным, чем воздействие добычи полезных ископаемых на суше (Roche and Vice, 2013). Например, реализация проектов по наземной добыче часто приводит к перемещению общин, изменениям в порядке землепользования и необходимости строительства инфраструктуры, такой как автомобильные и железные дороги (World Bank, 2017b). Заслуживающими внимания факторами воздействия наземной добычи являются также небезопасные условия труда (например, производственные риски) и угроза безопасности и общему состоянию здоровья людей, проживающих вблизи участков добычи [например, из-за аварий или загрязнения воздуха и воды в результате добычной деятельности (International Resource Panel, 2020)]. Эти факторы не будут относиться к разработке морского дна. Кроме того, месторождения полезных ископаемых на морском дне, как правило, более богаты металлами, чем месторождения на суше, и их использование в качестве дополнительного источника металлов уменьшило бы потребность в масштабной разработке месторождений на суше (Sharma and Smith, 2019).

При установлении возможных социальных последствий разработки морского дна одним из важных соображений является предполагаемое место проведения работ. Все более очевидно, что районы, обычно ассоциируемые с месторождениями полезных ископаемых на морском дне, расположены далеко от мест проживания людских сообществ. Следовательно, в отличие от наземной добычи полезных ископаемых такие проблемы, как необходимость перемещения населения или конфликты, связанные с землепользованием, в отношении морской добычи не возникают (Sharma and Smith, 2019). Также необходимо учитывать, что социальные последствия разработки морского дна в Районе будут отличаться от последствий деятельности в пределах национальной юрисдикции. Вместе с тем признается, что разработка морского дна может

оказывать влияние на другие виды деятельности в морском пространстве, такие как рыбный промысел и судоходство, на такие объекты, как глубоководные кабели, а также на такие зоны, как нерестовые участки и маршруты миграции.

С учетом характера деятельности по разработке морского дна и возможности причинения трансграничного вреда к группам населения, на которых может непосредственно сказаться эта деятельность, необходимо отнести общины, проживающие на территории, где осуществляется эта деятельность, и общины, проживающие в соседних прибрежных государствах (Dunn and others, 2017). Поскольку Район и его минеральные ресурсы считаются общим наследием человечества, необходимо рассматривать последствия для всего мирового сообщества (Hunter and others, 2018). Как бы далеко от населенных пунктов ни велась деятельность в Районе, серьезное беспокойство по-прежнему вызывает вопрос о том, насколько сильны для общества в целом будут негативные последствия утраты биоразнообразия и экосистемных услуг, включая роль глубоководной морской среды в регулировании климата (Kaikkonen and others, 2018).

В контексте рассмотрения вопроса о социальных последствиях для получения необходимой для принятия обоснованных решений информации полезно было бы применять подход, основанный на учете как потенциальных выгод для общества в результате разработки морского дна, так и возможных негативных последствий. В рамках такого подхода можно было бы предусматривать распределение финансовых выгод через механизм совместного использования выгод, а также появление дополнительного источника поставки металлов для удовлетворения нынешних и будущих потребностей. Необходимо отметить, что, несмотря на преимущества нового источника поставки металлов, возможны негативные последствия, например для стран, экономика которых в значительной степени зависит от экспорта металлов, добываемых на суше, и в соответствии с пунктом 10 статьи 151 Конвенции по морскому праву и пунктом 1 раздела 7 приложения к Соглашению об осуществлении части XI Конвенции эти последствия необходимо изучать и учитывать.

Помимо вышесказанного, особого внимания заслуживает концепция «социальной лицензии на

осуществление деятельности». В соответствии с этой концепцией для осуществления коммерческой деятельности, такой как добыча ресурсов, помимо разрешения регулирующего органа, необходимо согласие общества (Owen and Kemp, 2013; Parsons and Moffat, 2014). Особый интерес представляют также вопросы прозрачности и участия широкого участия заинтересованных

сторон в процесс принятия решений (Ardron and others, 2018; Madureira and others, 2016).

Наконец, чтобы все связанные с разработкой морского дна внешние издержки для общества были учтены, можно было бы рассмотреть вопрос о включении в нормативную базу МОМД принципа «загрязнитель платит» (Lodge and others, 2019).

5. Потребности в наращивании потенциала

Существует острая потребность в наращивании потенциала в области изучения и сохранения биоразнообразия глубоководных районов, а также обнаружения и оценки морских месторождений полезных ископаемых, особенно в развивающихся государствах. Методы и технологии разведки кобальтоносных железомарганцевых корок значительно отстают от методов и технологий разведки сульфидов и конкреций.

Еще одной важнейшей частью работы, которую необходимо проделать в контексте морской добычи, является расширенный сбор фоновых данных, особенно о характеристиках экосистем и их компонентов, а также о естественных колебаниях базовых экологических показателей, как в отношении мелководных участков континентального шельфа, так и в отношении глубоководных морских районов. Наконец, существует также явная потребность в наращивании потенциала в области регулирования в целях предотвращения, уменьшения и смягчения воздействия на экосистемы, а также в долгосрочном мониторинге воздействия добычной деятельности в режиме онлайн.

В 2019 году Группа африканских государств представила Ассамблее МОМД документ о программах подготовки кадров для развивающихся стран, в котором она подчеркнула потребности в области создания потенциала и развития¹⁸. В недавнем докладе по итогам обзора осуществляемых МОМД программ и инициатив по наращиванию потенциала¹⁹ секретариат МОМД представил подробные сведения об усилиях МОМД в этом отношении. В этом докладе секре-

тариат остановился на трех основных направлениях проводимой МОМД на сегодняшний день работы по наращиванию потенциала, а именно: программы подготовки кадров, осуществляемые подрядчиками, Дарственный фонд для проведения морских научных исследований в Районе и программа стажировок. Этот доклад, как и некоторые другие, обсуждался на международном семинаре по укреплению потенциала, ресурсам и оценке потребностей, состоявшемся в Кингстоне 10–12 февраля 2020 года. Краткий отчет о работе семинара размещен на веб-сайте МОМД²⁰.

Стратегические партнерства между Организацией Объединенных Наций и региональными учреждениями, нацеленные на создание платформ для укрепления международного сотрудничества в деле осуществления программ по наращиванию потенциала, занимаются рассмотрением конкретных проблем, с которыми сталкиваются развивающиеся страны, и способствуют формированию общей позиции для повышения эффективности деятельности. В рамках деятельности МОМД признается необходимость расширения возможностей для участия развивающихся государств в деятельности в Районе²¹. Хотя программы обучения персонала МОМД и представителей развивающихся государств остаются контрактным обязательством для субъектов, заключивших разведочные контракты с Органом, отслеживание положительных результатов и новых возможностей, которые эти программы, возможно, открывают для соответствующих стран, сопряжено с определенными трудностями.

¹⁸ См. документ ISBA/25/A/8.

¹⁹ URL: www.isa.org.jm/files/2020-02/assessment.pdf.

²⁰ URL: www.isa.org.jm/files/2020-02/outcomessummary_0.pdf.

²¹ См. документ ISBA/24/A/10.

Справочная литература

- Ardron, Jeff A., and others (2018). Incorporating transparency into the governance of deep-seabed mining in the Area beyond national jurisdiction. *Marine Policy*, vol. 89, pp. 58–66.
- Banerji, A. (2019). India plans deep dive for seabed minerals. *Marine Technology Magazine*, 2019.
- Beaulieu, S.E. (2015). *InterRidge Global database of Active Submarine Hydrothermal Vent Fields*. Prepared for InterRidge, Version 3.3, kml file produced 16 September 2015. Available at <http://vents-data.interridge.org>.
- Boschen, Rachel E., and others (2016). Seafloor massive sulfide deposits support unique megafaunal assemblages: implications for seabed mining and conservation. *Marine Environmental Research*, vol. 115, pp. 78–88.
- Dunn, D.C., and others (2017). Adjacency: How legal precedent, ecological connectivity, and Traditional Knowledge inform our understanding of proximity. https://nereusprogram.org/wp-content/uploads/2018/09/BBNJ-Policy-brief-adjacency_v5.pdf.
- Drazen J.C., and others (2019). Report of the workshop Evaluating the nature of midwater mining plumes and their potential effects on midwater ecosystems. Research Ideas and Outcomes 5, e33527. <https://doi.org/10.3897/rio.5.e33527>.
- Ellis, J., and others (2017). Environmental management frameworks for offshore mining: the New Zealand approach. *Marine Policy*, vol. 85, pp. 178–192.
- Gavriletea, Marius Dan (2017). Environmental impacts of sand exploitation. Analysis of sand market. *Sustainability*, vol. 9, No. 7, art. 1118.
- German, Christopher R., and others (2016). Hydrothermal exploration of mid-ocean ridges: where might the largest sulfide deposits be forming? *Chemical Geology*, vol. 420, pp. 114–126.
- Gollner, Sabine, and others (2017). Resilience of benthic deep-sea fauna to mining activities. *Marine Environmental Research*, vol. 129, pp. 76–101.
- Gonçalves, D.S., and others (2014). Morphodynamic evolution of a sand extraction excavation offshore Vale do Lobo, Algarve, Portugal. *Coastal Engineering*, vol. 88, pp. 75–87.
- Graedel, Thomas E., and others (2015). On the materials basis of modern society. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, No. 20, pp. 6295–6300.
- Hein, James R., and others (2013). Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high-and green-technology applications: Comparison with land-based resources. *Ore Geology Reviews*, vol. 51, pp. 1–14.
- Hein, James R., and others (2015). Critical metals in manganese nodules from the Cook Islands EEZ, abundances and distributions. *Ore Geology Reviews*, vol. 68, pp. 97–116.
- Hein, James R., and others (2017). Arctic deep water ferromanganese-oxide deposits reflect the unique characteristics of the Arctic Ocean. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 18, No. 11, pp. 3771–3800.
- Hein, James R., and others (2009). Seamount characteristics and mine-site model applied to exploration-and mining-lease-block selection for cobalt-rich ferromanganese crusts. *Marine Georesources and Geotechnology*, vol. 27, No. 2, pp. 160–176.
- Hein, James R., and others (2005). Marine mineral resources of Pacific Islands—a review of the Exclusive Economic Zones of islands of US affiliation, excluding the State of Hawaii.
- Hoagland, Porter, and others (2010). Deep-sea mining of seafloor massive sulfides. *Marine Policy*, vol. 34, No. 3, pp. 728–732.
- Hunter, Julie, and others (2018). Broadening common heritage: Addressing gaps in the deep sea mining regulatory regime. *Harvard Environmental Law Review*, vol. 16. <https://harvardelr.com/2018/04/16/broadening-common-heritage>.

- International Council for the Exploration of the Sea (ICES) (2018). *Interim Report of the Working Group on the Effects of Extraction of Marine Sediments on the Marine Ecosystem (WGEXT)*, 16–19 April 2018, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2018/HAPISG:05.
- _____ (2019). *Working Group on the Effects of Extraction of Marine Sediments on the Marine Ecosystem (WGEXT)*. ICES Scientific Reports, vol. 1, No. 87. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5733>.
- International Resource Panel (2020) = Международная группа по ресурсам (2020 год). Управление минеральными ресурсами в XXI веке: направление добывающих отраслей промышленности на устойчивое развитие. Аюк Е.Т. и другие, доклад Международной группы по ресурсам. Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде, Найроби.
- Jamieson, John W., and others (2017). Seafloor Massive Sulfide Resources. In *Encyclopedia of Maritime and Offshore Engineering*, pp. 1–10. American Cancer Society. <https://doi.org/10.1002/9781118476406.emoe579>.
- Jones, Daniel O.B., and others (2017). Biological responses to disturbance from simulated deep-sea polymetallic nodule mining. *PLoS One*, vol. 12, No. 2, e0171750.
- Jones, Daniel O.B., and others (2019). Existing environmental management approaches relevant to deep-sea mining. *Marine Policy*, vol. 103, pp. 172–181.
- Kaikkonen, Laura, and others (2018). Assessing the impacts of seabed mineral extraction in the deep sea and coastal marine environments: current methods and recommendations for environmental risk assessment. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 135, pp. 1183–1197.
- Kamilli, Robert J., and others (2017). Tin. Report 1802S. Professional Paper. Reston, United States. USGS Publications Warehouse. <https://doi.org/10.3133/pp1802S>.
- Kim, Junbeum, and others (2015). Critical and precious materials consumption and requirement in wind energy system in the EU 27. *Applied Energy*, vol. 139, pp. 327–34. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.11.003>.
- Koschinsky, Andrea, and others (2018). Deep-sea mining: Interdisciplinary research on potential environmental, legal, economic, and societal implications. *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 14, No. 6, pp. 672–691.
- Kuhn, Thomas, and others (2017). Composition, formation, and occurrence of polymetallic nodules. In *Deep-Sea Mining*, pp. 23–63. Springer.
- Lodge, Michael W., and others (2019). Environmental Policy for Deep Seabed Mining. In *Environmental Issues of Deep-Sea Mining*, pp. 347–379. Springer.
- Madureira, Pedro, and others (2016). Exploration of polymetallic nodules in the Area: Reporting practices, data management and transparency. *Marine Policy*, vol. 70, pp. 101–107.
- Managing Impacts of Deep-Sea Resource Exploitation (2016). www.eu-midas.net.
- McLellan, Benjamin C., and others (2016). Critical minerals and energy—impacts and limitations of moving to unconventional resources. *Resources*, vol. 5, No. 2. <https://doi.org/10.3390/resources5020019>.
- Miller, K.A., and others (2018). An overview of seabed mining including the current state of development, environmental impacts, and knowledge gaps. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 418. <http://doi.org/10.3389/fmars.2017.00418>.
- Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) of Japan (2017). www.meti.go.jp/english/index.html.
- Owen, John R., and Deanna Kemp (2013). Social licence and mining: A critical perspective. *Resources Policy*, vol. 38, No. 1, pp. 29–35.
- Parsons, Richard, and Kieren Moffat (2014). Constructing the meaning of social licence. *Social Epistemology*, vol. 28, Nos. 3–4, pp. 340–363.
- Petersen, Sven, and others (2016). News from the seabed—Geological characteristics and resource potential of deep-sea mineral resources. *Marine Policy*, vol. 70, pp. 175–187.

- Qin, Ya-Chao, and others (2014). Offshore aggregates resources on the northern continental shelf of the East China Sea. *Resource Geology*, vol. 65, No. 1, pp. 39–46. <https://doi.org/10.1111/rge.12052>.
- Ramirez-Llodra, Eva, and others (2011). Man and the Last Great Wilderness: Human Impact on the Deep Sea. *PLOS ONE*, vol. 6, No. 8, pp. 1–25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022588>.
- Roche, Charles, and Sara Bice (2013). Anticipating social and community impacts of deep sea mining. *Deep Sea Minerals and the Green Economy, Secretariat of the Pacific Community, Suva*, pp. 59–80.
- Rowden, Ashley A., and others (2010). A test of the seamount oasis hypothesis: seamounts support higher epibenthic megafaunal biomass than adjacent slopes. *Marine Ecology*, vol. 31, pp. 95–106.
- Sharma, Rahul, and Samantha Smith (2019). Deep-sea mining and the environment: an introduction. In *Environmental Issues of Deep-Sea Mining*, pp. 3–22. Springer.
- Simon-Lledó, Erik, and others (2019a). Biological effects 26 years after simulated deep-sea mining. *Scientific Reports*, vol. 9, art. 8040. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44492-w>.
- Simon-Lledó, Erik, and others (2019b). Ecology of a polymetallic nodule occurrence gradient: Implications for deep-sea mining. *Limnology and Oceanography*, vol. 64, No. 5, pp. 1883–94. <https://doi.org/10.1002/lno.11157>.
- Thornborough, K.J., and others (2019). Towards an ecosystem approach to environmental impact assessment for deep-sea mining. In *Environmental Issues of Deep-Sea Mining*, pp. 63–94. Springer, Cham.
- Thurber, Andrew R., and others (2014). Ecosystem function and services provided by the deep sea. *Biogeosciences*, vol. 11, No. 14, pp. 3941–3963.
- Torres, Aurora, and others (2017). A looming tragedy of the sand commons. *Science*, vol. 357, No. 6355, pp. 970–971.
- Union européenne des producteurs de granulats (2018). *A Sustainable Industry for a Sustainable Europe Annual Review 2017–2018*. Brussels: European Aggregates Association.
- United Nations (2017a). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017b). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- United States Geological Survey (USGS) (2019). *Mineral Commodity Summaries 2019*. United States Geological Survey.
- Van Dover, Cindy Lee, and others (2018). Scientific rationale and international obligations for protection of active hydrothermal vent ecosystems from deep-sea mining. *Marine Policy*, vol. 90, pp. 20–28.
- Van Dover, Cindy Lee, and others (2019). Inactive Sulfide Ecosystems in the Deep Sea: A Review. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 461. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00461>.
- Vanreusel, Ann, and others (2016). Threatened by mining, polymetallic nodules are required to preserve abyssal epifauna. *Scientific Reports*, vol. 6, art. 26808.
- World Bank (2017a). The growing role of minerals and metals for a low carbon future. World Bank Publications, Washington, D.C. <http://documents.worldbank.org/curated/en/207371500386458722/pdf/117581-WP-P159838-PUBLIC-ClimateSmartMiningJuly.pdf>.
- _____ (2017b). Precautionary management of deep sea minerals. World Bank Publications, Washington, D.C. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/349631503675168052/pdf/119106-WP-PUBLIC-114p-PPDSMbackgroundfinal.pdf>.
- Zweibel, Ken (2010). The impact of tellurium supply on cadmium telluride photovoltaics. *Science*, vol. 328, No. 5979, pp. 699–701. <https://doi.org/10.1126/science.1189690>.

Глава 19

Изменения в деятельности по разведке и добыче углеводородного сырья

Участники: Амардип Дханджу (координатор), Арсунина Бера, Каку Йебуэ Серафен, Алан Симкок (соведущий участник) и Джошуа Т. Тухумвире (ведущий участник).

Ключевые тезисы

- Со времени публикации первой «Оценки состояния Мирового океана» (United Nations, 2017a) морской нефтегазовый сектор продолжал расширяться во всем мире, особенно в глубокие и сверхглубокие акватории. Ключевую роль в таком расширении играет использование платформ с натяжными опорами, платформ типа SPAR и плавучих установок для добычи, отгрузки и хранения.
- В следующем десятилетии исследование неосвоенных районов, включая восточное Средиземноморье, восточное побережье Южной Америки (Бразилия и Гайана) и западное побережье Африки, может стать основной причиной роста морской разведки и добычи нефти и газа.
- Наблюдается тенденция к увеличению случаев вывода объектов из эксплуатации, в частности в таких давно эксплуатируемых районах, как Северное море и Мексиканский залив.
- Практические методы разведки и добычи продолжают развиваться в целях минимизации потенциального воздействия на окружающую среду.
- Формирование нормативного потенциала для эффективного управления морскими ресурсами, особенно в неосвоенных районах, требует твердой приверженности и долгосрочных институциональных инвестиций.
- Технические инновации и современный промышленный потенциал, который на протяжении десятилетий накапливался морским нефтегазовым сектором, благоприятствуют появлению сектора морской возобновляемой энергетики.
- Основным толчком к развитию морского углеводородного сектора со времени публикации первой «Оценки» является технический прогресс в анализе данных морской разведки и добычи, необходимых для повышения операционной и финансовой эффективности.

1. Введение

1.1. Сфера охвата

В главе 21 первой «Оценки» (United Nations, 2017b) представлена информация об исходном состоянии морской углеводородной отрасли с точки зрения тенденций в области разведки и добычи, социально-экономических аспектов, новейших технологий и потенциальных будущих тенденций. В ней освещаются также экологические последствия, связанные с разработкой ресурсов и производственной деятельностью, и обращается внимание на пробелы в формировании потенциала в области оценки последствий.

В настоящей главе дается оценка текущего состояния мирового морского углеводородного сектора, а также представлена информация о некоторых успехах, достигнутых в этой области со времени публикации первой «Оценки». В ней описываются тенденции в области разведки,

добычи и вывода из эксплуатации, содержится углубленная оценка экономических, социальных и экологических аспектов, включая потенциальные последствия, и рассматриваются пробелы в формировании потенциала, особенно в странах с формирующейся рыночной экономикой, а также решающая роль морского углеводородного сектора в содействии развитию сектора морской возобновляемой энергетики на глобальном уровне. Ее содержание также связано с главами 6D, 8, 9, 20, 21 и 26 настоящей «Оценки».

Настоящая глава увязана со следующими пятью целями в области устойчивого развития¹: целью 8 (содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех), целью 9 (создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохват-

¹ См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

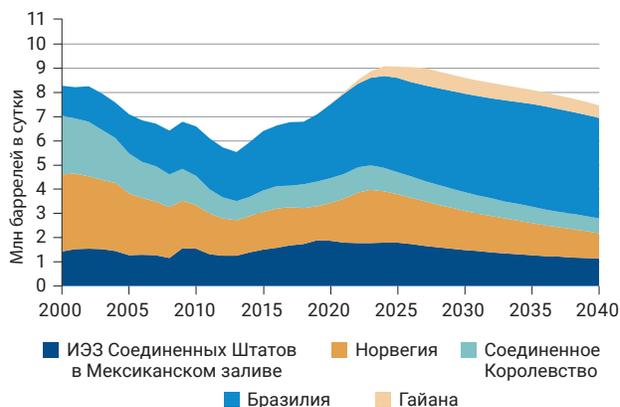
ной и устойчивой индустриализации и внедрению инноваций), целью 12 (обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства), целью 13 (принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями) и целью 14 (сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития).

1.2. Обзор мировых морских углеводородных ресурсов и тенденций в области их добычи

Общемировой объем добычи сырой нефти неуклонно рос и в 2018 году превысил 100 млн баррелей в день, а объем добычи природного газа рос более быстрыми темпами: до 113,7 млрд МБТЕ (миллион британских тепловых единиц) в 2016 году (International Energy Agency, 2019)². Добыча нефти и газа на суше продолжает доминировать, однако добыча нефти из морских месторождений, объем которой в течение десяти лет стабильно составлял около 27 млн баррелей в день, демонстрирует позитивную динамику (Clemente, 2018). При этом объем добычи природного газа из морских месторождений в прошедшее десятилетие неуклонно рос на 35 млрд МБТЕ за счет увеличения объема добычи у берегов Бразилии и Австралии, в восточном Средиземноморье и главным образом в Персидском заливе за счет разработки крупного месторождения у северного побережья Катара (Davis, 2018). По прогнозам, объем добычи природного газа увеличится в основном за счет деятельности на мелководье, в то время как объем добычи нефти возрастет в основном за счет бурения в глубоких и сверхглубоких акваториях.

Нефть из морских месторождений добывается более чем в 50 странах, при этом наиболее важными производителями являются Саудовская Аравия, Соединенные Штаты, Бразилия, Мексика и Норвегия. Совсем недавно у восточного побережья Южной Америки были обнаружены крупные залежи неосвоенных ресурсов. По данным

Рисунок I
Прошлые и прогнозируемые объемы добычи сырой нефти на отдельных участках морской добычи



Источник: ОПЕК (OPEC, 2019).

Организации стран-экспортеров нефти (ОПЕК)³, объем морской добычи нефти Бразилией и Гайаной компенсирует сокращение объема добычи в других регионах, хотя объем добычи в исключительной экономической зоне Соединенных Штатов в Мексиканском заливе — старейшем морском месторождении нефти и газа, — возможно, останется стабильным в случае обнаружения месторождений в глубоких и сверхглубоких водах (ОПЕК, 2019)⁴.

1.3. Совершенствование знаний и потенциала

Разведка и разработка новых морских районов остается одним из основных факторов увеличения общемирового объема добычи нефти и газа. Технический прогресс, достигнутый за прошедшее десятилетие, стимулирует проведение разведочных работ в глубоководье и сверхглубоководье на большем удалении от берега и позволил обнаружить значительный объем новых залежей. В период 2010–2018 годов расширились возможности для проведения разведочных работ на глубине примерно с 3 050 м до более чем 3 350 м, а возможности добычи с

² Равно 5,3 млн баррелей нефтяного эквивалента в день.

³ Страны — члены ОПЕК в 2020 году: Алжир, Ангола, Венесуэла (Боливарианская Республика), Габон, Ирак, Иран (Исламская Республика), Конго, Кувейт, Ливия, Нигерия, Объединенные Арабские Эмираты, Саудовская Аравия и Экваториальная Гвинея.

⁴ Мелководье обычно понимается как простирающееся на глубину не более 300 м, глубоководье — от 300 до 1500 м, а глубина более 1500 м считается сверхглубоководьем.

помощью плавучих платформ в 2018 году позволили осуществлять добычу на глубине почти 2900 м по сравнению с 2438 м в 2010 году (Barton and others, 2019). Такие технические достижения отчасти позволили расширить сферу охвата морского нефтегазового сектора на новые районы, включая восточную часть Средиземноморья и районы у побережья Гайаны.

Достигнут также прогресс в понимании потенциальных экологических и социальных последствий деятельности по разведке и добыче для окружающей среды и в разработке новых подходов к смягчению последствий. Например, в Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии был создан регистр шумов в море для регистрации человеческой деятельности, производящей громкий импульсный шум (10 Гц–10 кГц) в морях, окружающих территорию страны⁵. Эта инициатива направлена на создание исходных данных и количественную оценку нагрузки на окружающую среду в результате антропогенной деятельности, связанной с разведкой и разработкой углеводородов, включая сейсмические исследования, поддонное профилирование и забивку свай. Аналогичным образом, проект «SERPENT», который расшифровывается как «Научное и природоохранное ДУА-партнерство (дистанционно управляемые аппараты) с ис-

пользованием имеющейся промышленной технологии», является примером международного сотрудничества между научным сообществом, природоохранными органами и субъектами нефтегазовой промышленности в целях сбора и предоставления исходной информации об экосистемах вокруг морских нефтегазовых установок с использованием новейших дистанционно управляемых аппаратов, которые могут действовать в глубоководных районах океана (SERPENT Project, 2020).

В последнее время морская нефтегазовая промышленность содействует развитию сектора морской возобновляемой энергетики, предоставляя экспертные знания для строительства, технического обслуживания и вывода из эксплуатации промышленных морских ветровых установок. Концепции проектирования и технологий строительства плавучих ветряных турбин, которые могут значительно содействовать развитию ветроэнергетики на более глубоководных участках, характеризующихся более мощными ресурсами ветровой энергии, во многом определяются соответствующими концепциями глубоководных нефтегазовых установок (International Renewable Energy Agency, 2016).

2. Морская разведка и добыча углеводородов и вывод объектов из эксплуатации

2.1. Технологии для морских исследований и разведки углеводородов

Технологии исследований и разведки нефти и газа позволяют выявить запасы углеводородов, накопленные под непроницаемыми горными породами. Первоначальная оценка с использованием сейсмических исследований выявляет примерное местоположение богатых углеводородами геологических залежей (группы нефтегазоносных пород), имеющих общую историю формирования, миграции и защемления углеводородов (Maloney, 2018; Bureau of Ocean Energy Management, 2017). Такая оценка закладывает

основу для проведения геолого-геофизических исследований, направленных на получение более точных данных по ресурсоносным геологическим формациям. В ходе таких исследований проводится также оценка морских минеральных, археологических и бентических ресурсов и любых искусственных структур, захороненных и оставленных на дне океана.

Для проведения морских сейсмических исследований используются специализированные суда, оснащенные рядом пневматических сейсмоисточников и других акустических источников. Такое оборудование включает в себя также гидрофоны, прикрепленные к кабелям (стриме-

⁵ См. Joint Nature Conservation Committee, Marine Noise Registry Service. URL: <https://mnr.jncc.gov.uk/>.

рам), буксируемым позади судна. Акустические источники генерируют сейсмический импульс, который проецируется на дно океана и отражается от границ между различными слоями горной породы. Затем отраженный импульс регистрируется гидрофонами и собирается для анализа.

Последние достижения в области суперкомпьютерных вычислений и технологий полномасштабной инверсии кардинально меняют деятельность по оценке ресурсов. Полномасштабная инверсия — новый вид обработки существующих сейсмических данных с использованием суперкомпьютеров — создает модель подповерхностных слоев горных пород с высокой детализацией (Stratas Advisors, 2019). Кроме того, достижения в области технологии четырехмерной сейсморазведки в сочетании с превосходной вычислительной мощностью теперь дают новое представление о характеристиках залежей углеводородов, повышая тем самым уверенность потенциальных разработчиков ресурсов.

2.2. Технические изменения в области бурения и добычи, включая новейшие технологии

Морскому бурению и добыче по-прежнему действуют значительные технические достижения. Современные технологии позволяют бурить несколько скважин с одной буровой платформы, а прогресс в области оптоволоконных систем мониторинга скважин в режиме реального времени позволяет оптимизировать поведение пласта и снизить риски, связанные с выходом оборудования из строя (Beaubouef, 2019). Кроме того, использование прогностического анализа и средств искусственного интеллекта позволяет улучшить анализ данных для обнаружения поломки оборудования и повысить эффективность деятельности (Husseini, 2018).

Использование судов с плавучими установками для добычи, отгрузки и хранения позволяет проводить бурение в более удаленных от берега районах, не имеющих свободного доступа к трубопроводной сети для транспортировки нефти

и газа на сушу. Их использование также открыло возможности для разведки и разработки на ранее недоступных опасных участках, в частности в более высоких широтах и в Арктике. Суды с плавучими установками для добычи, отгрузки и хранения оборудованы надлежащим образом для хранения углеводородов на борту и периодической перегрузки их на танкеры для транспортировки на сушу. Они также могут отсоединяться от своих якорных станций в случае неблагоприятных погодных условий, таких как циклоны и ураганы. После истощения залежей судно с плавучими установками для добычи, отгрузки и хранения может быть передислоцировано на новый перспективный объект. Мировой рынок судов с плавучими установками для добычи, отгрузки и хранения в настоящее время стимулируется благодаря крупным инвестициям в глубоководную разведку и разработку в таких районах, как побережье Бразилии (Rystad Energy, 2019). Между тем конструкции судов с плавучими установками для добычи, отгрузки и хранения совершенствуются в целях повышения безопасности, упрощения структур и снижения производственных и эксплуатационных расходов (Barton, 2018).

Такой технический прогресс позволяет вести разведку и добычу на неисследованных глубинах и на удалении от берега. По состоянию на март 2019 года у побережья Уругвая был установлен рекорд — сверхглубоководная разведочная скважина глубиной 3400 м, а в Мексиканском заливе — оперативная эксплуатационная платформа глубиной 2896 м (Barton and others, 2019).

2.3. Методы вывода объектов из эксплуатации и соответствующие тенденции

Нормативные положения в отношении вывода объектов из эксплуатации в разных юрисдикциях различаются, однако регулирующие органы все чаще требуют полного демонтажа всех буровых и добывающих конструкций из морской среды. Конвенция о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики⁶ 1992 года (ОСПАР) требует демонтажа неиспользуемых морских

⁶ United Nations, *Treaty Series*, vol. 2354, No. 42279. Договаривающимися сторонами Конвенции являются Бельгия, Германия, Дания, Европейский союз, Ирландия, Исландия, Испания, Люксембург, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Соединенное Королевство, Финляндия, Франция, Швейцария и Швеция.

установок, если не предусмотрено изъятие, позволяющее оставить на месте целые установки или их части (OSPAR Commission, 1992). Конвенция о защите морской среды и прибрежного региона Средиземного моря⁷ 1995 года служит таким же руководством для вывода из эксплуатации объектов в Средиземноморском регионе и предписывает демонтаж всех покинутых или снятых с эксплуатации установок. Другие регионы приняли аналогичные нормативные рамочные документы, основанные либо на региональных конвенциях, таких как Протокол относительно загрязнения моря в результате разведки и разработки континентального шельфа в рамках Региональной организации по защите морской среды (РОПМЕ) на Ближнем Востоке (ROPME, 1989), либо, в отсутствие региональной конвенции, на Руководстве и стандартах на удаление морских установок и сооружений на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Международной морской организации (ИМО) (IMO, 1989), которые основаны на пункте 3 статьи 60 Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву⁸. Нормативные положения, касающиеся трубопроводов, различаются. В одних юрисдикциях требуется их полное удаление, тогда как в других вопрос о трубопроводах рассматривается на индивидуальной основе в зависимости от рисков для рыбного промысла и судоходства (International Association of Oil & Gas Producers, 2017). Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов⁹ 1972 года является основным международным договором по защите морской среды от всех источников загрязнения, включая дампинг конструкций и отходов. В 1996 году был принят протокол к Конвенции, запрещающий любое оставление (в целях преднамеренного сброса) искусственных сооружений в море, включая опрокидывание нефтяных и газовых платформ на участках (IMO, 2020). Вывод объектов из эксплуатации обычно предусматривает закупоривание заброшенной скважины, подготовку платформы к удалению путем промывки и очистки любых остатков углеводородов, перерезание труб и кабелей между па-

лубными модулями и мобилизационным оборудованием, таким как крановые баржи и краны, для демонтажа и перемещения верхних строений платформы на берег для утилизации. Этот процесс предусматривает также снятие опорного основания или конструкции фундамента с помощью тяжелого подъемного оборудования, что является трудоемким и дорогостоящим процессом. На суше конструкция далее демонтируется для последующей утилизации или продается в виде лома.

Деятельность по выводу из эксплуатации морских объектов в основном сосредоточена в Северном море, Мексиканском заливе Соединенных Штатов и некоторых частях Азиатско-Тихоокеанского региона. Постепенное истощение разрабатываемых нефтяных месторождений в Северном море создает значительный спрос на вывод из эксплуатации, который в период 2018–2022 годов будет, как ожидается, стоить 32 млрд долл. США (Wood Mackenzie, 2017). В исключительной экономической зоне Соединенных Штатов в Мексиканском заливе осуществляется вывод из эксплуатации объектов на мелководье, а бурение и добыча выдвигаются в глубокие и сверхглубокие акватории.

Морские платформы привносят в морскую среду жесткие конструкции и, таким образом, обеспечивают источники питания и сложную физическую среду обитания для различных организмов. Исследования показывают, что вокруг платформ наблюдаются более высокие уровни продуктивности биологических и рыбных запасов по сравнению с естественными рифами на аналогичных глубинах (Shinn, 1974; Claisse and others, 2015). Поскольку такие страны, как Бруней-Даруссалам и Малайзия, признают экологическую ценность этих структур, они рассматривают возможность превращения устаревших платформ в искусственные рифы вместо их полного удаления и утилизации на суше — процесс, известный как программы преобразования «буровых установок в рифы» (Bull and Love, 2019). Переоборудование буровых установок в рифы уже осуществляется в Соединенных Штатах, где

⁷ United Nations, *Treaty Series*, vol. 1102, No. 16908.

⁸ *Ibid.*, vol. 1833, No. 31363.

⁹ *Ibid.*, vol. 1046, No. 15749.

устаревшие платформы преобразуются в рифы на индивидуальной основе в консультации с прибрежными государствами. По состоянию на апрель 2018 года в Мексиканском заливе были преобразованы в рифы 532 платформы, которые были ранее установлены на внешнем континентальном шельфе Соединенных Штатов (Bureau of Safety and Environmental Enforcement, 2020).

Для оценки вариантов вывода из эксплуатации штат Калифорния (Соединенные Штаты) и другие юрисдикции предлагают использовать анализ экологических последствий в совокупности в качестве инструмента для принятия решений в отношении вариантов преобразования в рифы и

удаления. Анализ экологических последствий в совокупности — это аналитический подход, применяемый для сравнения альтернатив предлагаемому действию путем включения неденежных экологических показателей, таких как экосистемные услуги и ценности (Efroymson and others, 2004). Можно предположить, что такой анализ или аналогичные подходы могут быть взяты на вооружение другими юрисдикциями для целостного рассмотрения экологических и экосистемных последствий вариантов вывода объектов из эксплуатации.

3. Экономические, социальные и экологические аспекты морской разведки и добычи углеводородов и вывода соответствующих объектов из эксплуатации

3.1. Экономические и социальные последствия

Морская разведка и добыча нефти и газа отличаются высокой капиталоемкостью: по оценкам, в 2018 году ежегодные глобальные инвестиционные расходы составили 155 млрд долл. США, а прогнозируемые инвестиции в 2021 году составят более 200 млрд долл. США (Sandøy, 2018). Разработка, закупка, строительство и монтаж буровых и производственных сооружений являются основными статьями капитальных расходов.

Специалисты морского нефтегазового сектора в значительной степени отбираются из числа высококвалифицированных кадров по всему миру. Такие города, как Хьюстон (Соединенные Штаты) и Абердин (Соединенное Королевство), стали глобальными центрами, которые не только обслуживают региональный сектор, но и предоставляют экспертные знания и услуги для проектов по всему миру. Представители этого сектора установили также прочные связи с местными сообществами, предлагая весьма ценные возможности для предпринимательской деятельности и трудоустройства, часто в сочетании с традиционными видами деятельности. Например, ловцы креветок в штате Луизиана (Соединенные Штаты) в нерыбный сезон сдают в аренду лодки для морских нефтегазовых операций (Priest, 2016), а

некоторые рыбаки даже получают дополнительный доход, работая на добывающих платформах. По данным Бюро по вопросам управления прибрежными районами Национальной администрации Соединенных Штатов по океану и атмосфере (НОАА), в 2016 году поступления в экономику от морской нефтегазовой промышленности в Соединенных Штатах составили около 80 млрд долл. США и в ней было непосредственно занято около 130 000 рабочих при средней заработной плате 153 000 долл. США в год, что почти в три раза превышает размер средней заработной платы в стране (NOAA, 2018). С учетом прямой и опосредованной занятости нефтегазовая деятельность на внешнем континентальном шельфе Соединенных Штатов обеспечивает более 268 000 рабочих мест (United States Department of the Interior, 2018). При этом в Соединенном Королевстве морская нефтегазовая деятельность остается значительным источником занятости для квалифицированных работников и в 2018 году обеспечила около 259 900 рабочих мест, что включает в себя значительное количество опосредованных и индуцированных рабочих мест (Oil & Gas UK (OGUK), 2019). Морская нефтегазовая деятельность в других регионах также обеспечивает высокий объем экономического производства, и занятые в ней работники получают заработную плату выше средней.

Морская добыча нефти и газа начинает развиваться во многих регионах, особенно в Северном море и на мелководье Мексиканского залива. По мере сокращения объема добычи и истощения основных нефтяных запасов, не поддающихся восстановлению, в течение следующего десятилетия сектору придется, как ожидается, потратить на вывод объектов из эксплуатации около 100 млрд долл. США в глобальном масштабе (OGUK, 2018). Эта тенденция может создать значительные возможности для трудоустройства, некоторые из которых могут компенсировать сокращение рабочих мест, связанных с разведкой и добычей.

3.2. Экологические последствия

Практические методы разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений претерпевают значительные изменения с точки зрения минимизации воздействия на окружающую среду, однако эксплуатационные и аварийные выбросы, а также другие последствия для окружающей среды все еще наблюдаются. К эксплуатационным выбросам относятся химикаты, образующиеся при буровых работах, попутно добываемые воды, буровые растворы и выбуренные породы, а также небольшое количество очищенных бытовых и санитарных отходов. К серьезным последствиям часто относятся также шум, нарушение среды морского дна и утрата биоразнообразия. Кроме того, некоторыми выбросами в морскую среду также сопровождаются прокладка трубопроводов и связанной с ними инфраструктуры. Вывод установок из эксплуатации может также сопровождаться более или менее серьезными экологическими последствиями, в зависимости от методики удаления и последующих мер по контролю за состоянием окружающей среды.

Попутно добываемая вода представляет собой выносимую на поверхность в процессе добычи смесь нефти и воды из подземных пластов. Процент воды изначально мал, но со временем он увеличивается, в то время как процент углеводородов уменьшается (Clark and Veil, 2009). Средний общемировой показатель оценивается в три барреля добываемой воды на каждый баррель нефти (Khatib and Verbeek, 2002). При этом в более старых скважинах показатель их

соотношения может составлять свыше 50 баррелей добываемой воды на каждый баррель нефти. Согласно исследованию, проведенному Французским институтом нефтяной промышленности «Новые источники энергии» (IFP Énergies Nouvelles), в 2020 году на глобальном уровне объем добываемой воды превысит 300 млн баррелей в день, что на 20 процентов больше, чем в 2008 году. Ожидается, что увеличение этого показателя по большей части будет наблюдаться за счет добычи нефти и газа из морских месторождений (IFP Énergies Nouvelles, 2011).

Варианты утилизации воды включают ее закачку в тот же пласт, из которого добывается нефть, очистку добываемой воды до определенного стандарта качества, а затем либо ее сброс в окружающую среду, либо использование очищенной воды в разработке нефтегазовых месторождений. В то время как большая часть очищенной добываемой воды на суше закачивается в землю, в морской среде она сбрасывается в морскую среду. Такие сбросы часто регулируются местными или национальными стандартами качества воды, такими как Закон Соединенных Штатов о чистой воде. Министерство энергетики Соединенных Штатов в настоящее время инвестирует 4,6 млн долл. США для финансирования проектов, направленных на совершенствование технологий водоочистки (Department of Energy, 2019). Хотя эти финансируемые проекты ориентированы на бурение на суше, многие достижения будут полезны и при морской добыче нефти и газа.

Выброс загрязняющих веществ с установленным предельно допустимым содержанием, связанных и не связанных с платформами, может оказывать влияние на качество воздуха вблизи буровых и добывающих платформ. Выбросы, связанные с платформами, включают в себя выбросы от бортового оборудования, в частности от бойлеров, двигателей на природном газе и воздушных насосов, а выбросы, не связанные с платформами, представляют собой выбросы от прокладки трубопроводов, вспомогательных и исследовательских судов и вертолетов. Кроме того, на качестве воздуха сказывается открытое факельное сжигание ненужного или избыточного газа на добывающих платформах. По данным Всемирного банка, в 2018 году в мире в связи с добычей нефти сгорело около 145 млрд

кубометров газа, что эквивалентно общегодовому объему потребления газа в Центральной и Южной Америке (World Bank, 2019a). Многосторонние инициативы, в частности Партнерство между государственным и частным сектором по сокращению объемов сжигаемого газа, возглавляемое Всемирным банком, направлены на значительное сокращение факельного сжигания газа на объектах добычи. Партнерство содействует проведению соответствующих исследований и распространению передового опыта и взаимодействует с национальными нефтяными компаниями, региональными и национальными органами управления и международными учреждениями в целях устранения технических барьеров на пути сокращения объемов сжигаемого газа (World Bank, 2019b).

Наблюдаются существенные улучшения в плане прогнозирования нефтяных разливов и соответствующих мер реагирования, а также понимания их последствий. Улучшения в прогнозировании разливов нефти были достигнуты благодаря лучшей визуализации траектории и движения

нефтяных пятен с использованием усовершенствованных наборов моделей, таких как Общая среда для оперативного моделирования НОАА в Соединенных Штатах (NOAA, 2019). Кроме того, в рамках проекта «ГРЕЙС» по комплексным мерам реагирования на нефтяные разливы и их последствия для окружающей среды в Европейском союзе изучаются опасные последствия разливов нефти и экологическое воздействие технологий реагирования на нефтяные разливы в холодных климатических условиях, таких как Северная Атлантика (Jørgensen and others, 2019). Достигнут также прогресс в использовании спутников и других технологий для мониторинга разливов нефти, методах оценки токсического воздействия разлитой нефти и понимании воздействия на кораллы, морских млекопитающих и морских черепах в интересах поиска наилучших способов защиты, спасения и восстановления морской дикой природы и экосистем, пострадавших от разливов нефти (NOAA, 2020).

4. Основные пробелы в знаниях и в формировании потенциала

4.1. Важность долгосрочного мониторинга окружающей среды и смягчения последствий

Широко изучены краткосрочные последствия разведки и разработки нефтегазовых месторождений для морской среды. Но при этом понимание долгосрочных последствий является менее полным. Долгосрочный мониторинг дает ценную информацию об экологии, изменениях в окружающей среде и управлении природными ресурсами (Lohner and Dixon, 2013). Он также предусматривает систематическое измерение ключевых экологических, социальных и экономических показателей с течением времени для разработки и осуществления эффективной политики и мер по смягчению последствий, устанавливая при этом естественный исходный уровень для измерения тенденций с течением времени. Затем этот исходный уровень может быть использован для оценки изменений, связанных с

ведущимися бурением и добычей. Хотя внедрение долгосрочных программ мониторинга в морской среде является особенно трудной задачей, нефтегазовый сектор и регулирующие органы поощряют такие программы, с тем чтобы оценивать изменения и разрабатывать эффективные стратегии по смягчению последствий. Например, у побережья Анголы установлены две обсерватории, которые регистрируют долгосрочные изменения физической, химической и биологической среды, вызванные добычей нефти и газа (Vardaro and others, 2013). Кроме того, программа долгосрочного мониторинга Национального морского заповедника «Цветочные сады» в Мексиканском заливе является одной из самых продолжительных таких программ; она направлена на мониторинг состояния коралловых рифов вблизи действующих нефтегазодобывающих объектов (NOAA, 2018). Что касается глобального масштаба, то в вышеупомянутом проекте «SERPENT» используются передовые технологии для долгосрочного мониторинга местообитаний глу-

боководных кораллов и других экосистем. Необходимо разработать больше таких программ для мониторинга долгосрочного воздействия на окружающую среду и обеспечения экологически ответственного освоения ресурсов.

4.2. Пробелы в формировании потенциала, особенно в странах с формирующейся рыночной экономикой

Морская разведка и добыча нефти и газа расширяются, распространяясь иногда в регионы с минимальным опытом управления этими ресурсами. Управление ресурсами в морской среде ставит перед руководителями нефтяных и газовых компаний уникальные задачи по контролю доступа и стимулированию разработок. По сути, эффективное управление требует определения прав собственности на морские нефтегазовые ресурсы в исключительной экономической зоне той или иной страны.

Национальные системы управления ресурсами, как правило, направлены на прояснение вопросов морской юрисдикции, разрешение конфликтов многоразового использования и внедрение нормативной базы в отношении разработок в сочетании с законами об охране окружающей среды, предотвращении загрязнения, стандартах здравоохранения и безопасности, реагировании на нефтяные разливы и пр. Нормативная база, как правило, отражает один из двух подходов (Dagg and others, 2011): предписывающий подход, в соответствии с которым операторам разъясняется, что им следует делать; или основанный на результатах или целях подход, в рамках которого определяются цели, которые должны быть достигнуты операторами, но при этом операторы имеют право сами выбирать способ их достижения.

Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки. Преимущество предписывающих положений заключается в том, что они относительно просты в реализации и отслеживании, однако они могут сдерживать инновации и творческие решения, поскольку в них делается акцент на узко определенных правилах и нормах. При этом положения, основанные на результатах, могут

создавать дополнительную административную нагрузку в плане отслеживания положений и проверки достижения поставленных целей. Эти два подхода часто объединяются для создания гибридной системы регулирования.

При создании новой нормативной базы в области морской нефтегазовой деятельности юрисдикция может модифицировать свою существующую нормативную базу, касающуюся разработки полезных ископаемых на суше, а также перенять те или иные элементы у юрисдикций с более устоявшейся практикой регулирования и значительным опытом в области управления морскими нефтегазовыми ресурсами. Этому могут способствовать наращивание потенциала при содействии многосторонних учреждений, в частности Всемирного банка, и обмен информацией между юрисдикциями.

Нормативная база может подвергаться периодическим обзорам для оценки экономических и каких-либо непредвиденных последствий. Это можно делать с помощью системы анализа воздействия регулирования, которая используется во многих юрисдикциях для проведения рутинной оценки и поддерживается такими международными структурами, как Организация экономического сотрудничества и развития (OECD, 2019). Кроме того, важно внедрять передовую практику в области регулирования в саму администрацию, если ожидается, что государственные или регулирующие органы будут эффективно и действенно проводить политику. Такая практика требует наличия потенциала, позволяющего судить о том, когда, что и в каком объеме регулировать, с тем чтобы можно было реагировать на меняющиеся условия и обеспечивать прозрачность, гибкость и координацию политики.

Формирование потенциала для надлежащего и эффективного управления морскими энергетическими ресурсами требует твердой приверженности и долгосрочных институциональных инвестиций. Однако результаты зависят от обеспечения ответственного освоения ресурсов и справедливого распределения экономических благ.

5. Роль морского углеводородного сектора в содействии развитию морской возобновляемой энергетики

Морской нефтегазовый сектор создал мощный промышленный потенциал благодаря техническим инновациям и многолетнему опыту работы в самых сложных в мире условиях. Новый сектор морской возобновляемой энергетики, предусматривающий использование энергии волн, приливов и отливов, океанических течений и морской ветроэнергетики, в настоящее время пользуется этими приобретенными знаниями. В частности, в морской ветроэнергетике — наиболее развитой форме морской возобновляемой энергетики — применяются технологии и навыки, усовершенствованные нефтегазовым сектором. Фундаменты и башни ветрогенераторов спроектированы таким образом, чтобы выдерживать волны, ветер, размывы и другие силы, которые были впервые проанализированы при проектировании нефтяных и газовых платформ. Кроме того, опыт, накопленный в ходе решения проблемы коррозионного воздействия соленой воды и морских брызг на нефтяные платформы, был применен для конвертирования и соответствующей модификации наземных ветрогенераторов для их установки в море (Breeze, 2016). Решения проблемы биообрастания подводных нефтяных и газовых сооружений были тщательно исследованы и в последнее время применяются в установках морской возобновляемой энергетики. Установка на дне океана кабелей передачи для морской возобновляемой энергетики также опирается на технологии и опыт, впервые приобретенные для прокладки подводных трубопроводов для обслуживания морских нефтяных и газовых платформ.

Крупная производственная инфраструктура, обслуживающая морскую нефтегазовую промышленность, в настоящее время поддерживает морскую ветроэнергетику. Опорные конструкции первого морского ветроэнергетического проекта в Соединенных Штатах у острова Блок-Айленд были разработаны и поставлены компанией из Луизианы, имеющей опыт строительства морских нефтегазовых сооружений в Мексиканском заливе. Кроме того, обширный опыт нефтегазового сектора был использован для проектирования и разработки плавучих морских ветрогенераторов для проекта «Хайвинд Скотланд» (“Huywind

Scotland”) в Северном море, где установка обычных донных турбин нецелесообразна.

Опыт нефтегазового сектора в морской логистике в настоящее время формирует отрасль морской возобновляемой энергетики. В Соединенных Штатах инженеры спроектировали морское судно, которое является достаточно универсальным как для установки ветрогенераторов, так и для вывода из эксплуатации нефтяных и газовых платформ (McGowan, 2018). Такие инициативы позволяют существенно снизить затраты на развитие отрасли морской возобновляемой энергетики. Использование портовой инфраструктуры и обслуживающих судов является еще одним примером использования существующих активов для содействия освоению новых морских энергетических ресурсов.

В рамках сектора морской возобновляемой энергетики рассматривается возможность использования заброшенных морских нефтяных и газовых платформ для установки ветрогенераторов, хотя проблемы структурной целостности могут помешать таким планам по их переоборудованию. Потенциально более жизнеспособным вариантом является реконфигурация оставленных платформ для преобразования электроэнергии, производимой морскими возобновляемыми источниками энергии, в водород или синтетический газ, которые затем могут быть использованы в периоды слабого ветра или слабых волн и могут повысить рыночный потенциал проектов в области морской возобновляемой энергетики. Смоделированный экспериментальный проект по испытанию этой концепции был осуществлен в 2015 году Институтом «Энергетическая Дельта» в Нидерландах (Jerma and van Schot, 2016). Переоборудование платформы имеет дополнительные преимущества, заключающиеся в отсрочке высоких расходов по выводу объектов из эксплуатации и одновременном придании объектам второй жизни с положительной экономической отдачей. Другое предложение предусматривает поставку электроэнергии, производимой морскими ветрогенераторами, на нефтяные и газовые платформы для использования на судах; такая электроэнергия в настоя-

щее время обычно снабжается газовыми турбинами, расположенными на борту. Тематическое исследование с использованием этого подхода в Северном море показало, что это приведет к значительной экономии средств и сокращению выбросов загрязняющих веществ с установленным предельно допустимым содержанием и парниковых газов (Korpås and others, 2012). После этого в 2019 году был утвержден проект использования плавучих ветрогенераторов «Хай-

винд Тэмпен» (“Huwind Tampen”) мощностью 88 МВт для обеспечения электроэнергией нефтяных и газовых платформ в Северном море (Oil & Gas Journal, 2020). Создание такого синергетического эффекта и использование опыта, знаний и инфраструктуры нефтегазового сектора позволяют растущему сектору морской возобновляемой энергетики сокращать расходы и экономить время и ресурсы.

6. Заключение

Добыча нефти и газа из морских месторождений вносит важный вклад в мировую добычу углеводородов. Рост мирового спроса на углеводороды и технический прогресс в области морской разведки и добычи способствовали открытию новых залежей на все больших глубинах и в сложных условиях, зачастую в районах, где ранее разработка ресурсов не проводилась, или в полузамкнутых морях, которые особенно уязвимы к экологическим авариям. В этой связи общемировой объем морской добычи углеводородов продолжает расти, создавая экономические возможности для прибрежных сообществ и столь необходимые доходы от аренды и роялти для национальных правительств. Важно, чтобы управление новыми и текущими морскими проектами осуществлялось экологически ответственным образом и чтобы вывод из эксплуа-

тации устаревших объектов осуществлялся в соответствии с национальными нормативными актами и региональными конвенциями о защите морской среды. Со времени публикации первой «Оценки» был отмечен ряд важных тенденций, включая технические достижения в сборе и анализе данных о разведке и добыче в целях повышения эффективности эксплуатации, более широкое использование гибких платформ, в частности плавучих установок для добычи, отгрузки и хранения, для увеличения объема добычи в малоразведанных районах и возобновление усилий со стороны промышленности и регулирующих органов по сведению к минимуму воздействия на окружающую среду путем принятия усовершенствованных мер безопасности и использования научных данных для обоснования деятельности по разработке ресурсов.

Справочная литература

- Barton, Christopher M. (2018). FPSO market inches forward. *Offshore*, 1 August 2018. www.offshore-mag.com/field-development/article/16762275/fps-market-inches-forward.
- Barton, C., and others (2019). Worldwide progression of water depth capabilities for offshore drilling & production. *Offshore*, May 2019. <https://digital.offshore-mag.com>.
- Beaubouef, Bruce (2019). Drilling technologies advance to meet challenging reservoir environments. *Offshore*, 25 September 2019. www.offshore-mag.com/drilling-completion/article/14040687/drilling-technologies-advance-to-meet-challenging-reservoir-environments.
- Breeze, Paul (2016). *Wind Power Generation*. Academic Press.
- Bull, Ann Scarborough, and Milton S. Love (2019). Worldwide oil and gas platform decommissioning: a review of practices and reefing options. *Ocean & Coastal Management*, vol. 168, pp. 274–306. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.10.024>.
- Bureau of Ocean Energy Management (2017). National Assessment of Undiscovered Oil and Gas Resources of the U.S. Outer Continental Shelf. OCS Report, BOEM 2017-085. www.boem.gov/sites/default/files/

- oil-and-gas-energy-program/Resource-Evaluation/Resource-Assessment/2016a-National-Assessment-of-Undiscovered-Oil-and-Gas-Resources.pdf.
- Bureau of Safety and Environmental Enforcement (2020). Rigs to Reefs. www.bsee.gov/what-we-do/environmental-focuses/rigs-to-reefs.
- Claisse, Jeremy T., and others (2015). Impacts from partial removal of decommissioned oil and gas platforms on fish biomass and production on the remaining platform structure and surrounding shell mounds. *PLoS One*, vol. 10, No. 9, pp. e0135812.
- Clark, C.E., and J.A. Veil (2009). Produced water volumes and management practices in the United States.
- Clemente, Jude (2018). The quiet rise in U.S. offshore oil production. *Forbes*. 2018. www.forbes.com/sites/judeclemente/2018/04/10/the-quiet-rise-in-u-s-offshore-oil-production.
- Dagg, Jennifer, and others (2011). Comparing the offshore drilling regulatory regimes of the Canadian Arctic, the US, the UK, Greenland and Norway. *The Pembina Institute*.
- Davis, Carolyn (2018). Offshore Natural Gas Discoveries, Production Overtaking Oil. NGI's Daily Gas Price Index. 2018. www.naturalgasintel.com/articles/114290-offshore-natural-gas-discoveries-production-overtaking-oil?v=preview.
- Department of Energy (2019). Department of Energy Invests \$4.6M in Produced Water Treatment. Energy.Gov. 2019. www.energy.gov/fe/articles/department-energy-invests-46m-produced-water-treatment.
- Efroymsen, Rebecca A., and others (2004). A Framework for Net Environmental Benefit Analysis for Remediation or Restoration of Contaminated Sites. *Environmental Management*, vol. 34, No. 3, pp. 315–31. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0089-7>.
- Husseini, Talal (2018). Big Data in oil and gas operations and other awesome tech advancements. *Offshore Technology: Oil and Gas News and Market Analysis*, blog, 22 October 2018. www.offshore-technology.com/features/big-data-in-oil-and-gas-tech/.
- IFP Énergies Nouvelles (2011). Water in fuel production: oil production and refining. Panorama. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/050/42050183.pdf?r=1.
- International Association of Oil & Gas Producers (2017). *Overview of International Offshore Decommissioning Regulations – Volume 1: Facilities*. Report 584. www.iogp.org/bookstore/product/overview-of-international-offshore-decommissioning-regulations-volume-1-facilities.
- International Energy Agency (2019). Gas 2019: Analysis and forecasts to 2024. 2019. www.iea.org/reports/market-report-series-gas-2019.
- International Maritime Organization (IMO) (1989). *1989 Guidelines and Standards for the Removal of Offshore Installations and Structures on the Continental Shelf and in the Exclusive Economic Zone*. IMO resolution A.672(16). <https://cil.nus.edu.sg/wp-content/uploads/formidable/18/1989-Guidelines-and-Standards-for-the-Removal-of-Offshore-Installations-and-Structures-on-the-Continental-Shelf-and-in-the-Exclusive-Economic-Zone.pdf>.
- _____ (IMO) (2020) = Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов. www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/dumping.shtml.
- International Renewable Energy Agency (2016). Floating foundations: A game changer for offshore wind power. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Offshore_Wind_Floating_Foundations_2016.pdf.
- Jepma, Catrinus, and Miralda van Schot (2016). Connect North Sea oil and gas platforms to offshore wind farms to produce green gas. *Energypost.Eu*, 22 January 2016. <https://energypost.eu/connect-north-sea-oil-gas-platforms-offshore-wind-farms-produce-green-gas>.
- Jørgensen, Kirsten. S., and others (2019). The EU Horizon 2020 project GRACE: integrated oil spill response actions and environmental effects. *Environmental Sciences Europe*, vol. 31, No. 44. <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0227-8>.

- Khatib, Zara, and Paul Verbeek (2002). Water to Value – Produced Water Management for Sustainable Field Development of Mature and Green Fields. In *SPE-73853-MS*, p. 4. SPE: Society of Petroleum Engineers. <https://doi.org/10.2118/73853-MS>.
- Korpås, Magnus, and others (2012). A case-study on offshore wind power supply to oil and gas rigs. *Energy Procedia*, vol. 24, pp. 18–26.
- Lohner, Timothy W., and Douglas A. Dixon (2013). The value of long-term environmental monitoring programs: an Ohio River case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 185, No. 11, pp. 9385–9396.
- Maloney, Joseph (2018). What’s on the Shelf? Assessing oil and gas resources on the OCS. *BOEM Ocean Science*, vol. 15, No. 2, www.boem.gov/Ocean-Science-Dec-Jan-Feb-Mar-2018.
- McGowan, Elizabeth (2018). Oil industry expertise is helping to get offshore wind turbines in the water. Energy News Network, 21 June 2018. <https://energynews.us/2018/06/21/northeast/oil-industry-expertise-is-helping-to-get-offshore-wind-turbines-in-the-water>.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2020). 8 Advances in Oil Spill Science in the Decade Since Deepwater Horizon. Office of Response and Restoration. <https://blog.response.restoration.noaa.gov/8-advances-oil-spill-science-decade-deepwater-horizon>.
- _____ (2019). GNOME Suite for Oil Spill Modeling. Office of Response and Restoration. <https://response.restoration.noaa.gov/gnome>.
- _____ (2018). *NOAA Report on the U.S. Ocean and Great Lakes Economy*. Office of Coastal Management. <https://coast.noaa.gov/data/digitalcoast/pdf/econ-report.pdf>.
- Oil & Gas Journal (2020). Equinor, partners get green light for Hywind Tampen development. 8 April 2020. www.ogj.com/general-interest/article/14173631/equinor-partners-get-green-light-for-hywind-tampen-development.
- Oil & Gas UK (OGUK) (2018). *Decommissioning Insight 2018*. <https://oilandgasuk.co.uk/wp-content/uploads/2018/11/Joe-Leask-OGUK-WEB.pdf>.
- _____ (2019). *Economic Report 2019*. <https://oilandgasuk.co.uk/wp-content/uploads/2019/09/Economic-Report-2019-OGUK.pdf>.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2019). *Regulatory Impact Analysis*. www.oecd.org/regreform/regulatory-policy/ria.htm.
- Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) (2019). *World Oil Outlook 2040*.
- OSPAR Commission (1992). On the prevention and elimination of pollution from offshore sources. Annex III. www.ospar.org/site/assets/files/1169/pages_from_ospar_convention_a3.pdf.
- Priest, Tyler (2016). Shrimp and Petroleum: The Social Ecology of Louisiana’s Offshore Industries. *Environmental History*, vol. 21, No. 3, pp. 488–515. <https://doi.org/10.1093/envhis/emw031>.
- Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME) (1989). *Protocol Concerning Marine Pollution Resulting from Exploration and Exploitation of the Continental Shelf (1989)*. http://ropme.org/42_ROPME_PROTOCOLS_EN.clx.
- Rystad Energy (2019). FPSO market is booming with Brazil fueling demand. www.rystadenergy.com/newsevents/news/press-releases/FPSO-market-is-booming-with-Brazil-fueling-demand.
- Sandøy, Emil Varre (2018). Offshore oil and gas investments expected to grow starting in 2019. *Offshore*, 2 February 2018. www.offshore-mag.com/field-development/article/16762252/offshore-oil-and-gas-investments-expected-to-grow-starting-in-2019.
- SERPENT Project (2020). Scientific and Environmental ROV Partnership using Existing Industrial Technology (SERPENT) project. www.serpentproject.com.
- Shinn, Eugene A. (1974). Oil structures as artificial reefs. In *Proceedings of an International Conference on Artificial Reefs*, pp. 91–96. Texas A&M University.

- Stratas Advisors (2019). Advances in Seismic Imaging Technology, Hart Energy. 2019. www.hartenergy.com/exclusives/advances-seismic-imaging-technology-177370.
- United Nations (2017a). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017b). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- United States Department of the Interior (2018). FY 2018 Economic Contributions, DOI Contributions by Bureau, Bureau of Ocean Energy Management. <https://doi.sciencebase.gov/doidv/doi-bureau.html?bureau=Bureau%20of%20Ocean%20Energy%20Management>.
- Vardaro, Michael F., and others (2013). A Southeast Atlantic deep-ocean observatory: first experiences and results. *Limnology and Oceanography: Methods*, vol. 11, No. 6, pp. 304–15. <https://doi.org/10.4319/lom.2013.11.304>.
- Wood Mackenzie (2017). US \$32 billion of decommissioning worldwide over the next five years: is the industry ready? www.woodmac.com/reports/upstream-oil-and-gas-us32-billion-of-decommissioning-worldwide-over-the-next-five-years-is-the-industry-ready-9599.
- World Bank (2019a). Global Gas Flaring Reduction Partnership (GGFR). 2019. www.worldbank.org/en/topic/gas-flaring-reduction.
- _____ (2019b). = Рост добычи сланцевой нефти и политические конфликты способствуют росту масштабов факельного сжигания газа на планете. 2019 год. URL: www.vsemirnyjbank.org/ru/news/press-release/2019/06/12/increased-shale-oil-production-and-political-conflict-contribute-to-increase-in-global-gas-flaring.

Глава 20

Динамика

проникновения

антропогенного

шума в морскую

среду

Участники: Ана Ширович (координатор); Кэрен Эванс (ведущий участник), Карлос Гарсия-Сото (соведущий участник), Джон А. Хилдебранд, Сержью М. Жезуш и Джеймс Х. Миллер.

Ключевые тезисы

- К основным источникам антропогенного шума в океане относятся суда, промышленная деятельность, включая сейсморазведку и освоение возобновляемых источников энергии, и гидролокаторы.
- Уровень антропогенного шума меняется в пространстве и во времени, при этом основными факторами, определяющими уровень шума, являются масштабы человеческой деятельности и характеристики его распространения в регионе. Шум прекращается после удаления источника шума из среды, однако его последствия могут сохраняться.
- Наибольший уровень антропогенного шума наблюдается в районах, характеризующихся интенсивным промышленным освоением, включая Мексиканский залив, Северное море и северную часть Атлантического океана.
- Ожидается, что антропогенный шум усилится в Арктике, поскольку этот район открывается для судоходства, и в Африке по мере увеличения инвестиций в регион.
- Понимание воздействия антропогенного шума на морское биоразнообразие повышается параллельно с тем, как расширяется признание необходимости следить за шумлением морской среды и, возможно, снижать шумовые воздействия.

1. Введение

Последние несколько десятилетий характеризуются возросшим осознанием важности звука для морской флоры и фауны и более глубоким пониманием потенциального воздействия на них антропогенного шума. В последние 10 лет в некоторых регионах активизировались усилия по разработке руководящих принципов и стандартов мониторинга и регулирования проникающего в морскую среду антропогенного шума. Вопрос об антропогенном шуме не рассматривался в качестве отдельной главы первой «Оценки состояния Мирового океана» (United Nations, 2017), однако он стал основной темой одного из совещаний в рамках Открытого процесса неофициальных консультаций Организации Объединенных Наций по вопросам Мирового океана и морского права¹. Повышение осведомленности о воздействии антропогенного шума заслуживает особого рассмотрения в настоящей «Оценке». В этой связи в настоящей главе представлен общий обзор, включающий описание основных источников антропогенного шума в морской среде и накопленных к настоящему времени знаний о состоянии такого антропогенного шума. Кроме того, поскольку к основным источникам ан-

тропогенного шума относятся судоходство, производство энергии и разведка и добыча нефти и газа, с этим вопросом увязаны также главы первой «Оценки», посвященные этим видам деятельности.

Военно-морские силы Соединенных Штатов Америки стали одним из первых источников данных о шумовом фоне океана: с 1950-х годов они начали делать записи, которые позволяют получить представление о шумовом фоне на частотах, не превышающих нескольких сотен герц (Гц) (Ross, 2005). Акустические данные собираются не только в рамках индивидуальных и небольших групповых научных исследований — на протяжении последнего десятилетия они собираются также в региональном масштабе системами наблюдения за океаном, начиная с проекта «Нептьюн Кэнэда», который в настоящее время является частью инициативы «Оушн Нетворкс Кэнэда», и австралийской Комплексной системы наблюдения за морской средой. В рамках этих систем наблюдения началось использование гидрофонов и производство акустических записей в 2008 и, соответственно, 2009 годах. Кроме того, в последнее время разработка количественных па-

¹ См. A/73/68.

раметров и руководящих принципов привела к прогрессу в оценке воздействия шума и моделировании шумового фона с использованием альтернативных источников данных, таких как Автоматическая информационная система (АИС) и данные регистра импульсных шумов, выполняющих прокси-функции основных источников антропогенного шума [например, Sertlek and others, 2019; United States National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) (2020) CetSound: Cetacean and sound mapping project].

В то же время сохраняются проблемы в области измерения шумового фона и моделирования распространения звука, а также в области понимания воздействия шума на популяции животных. Проблемы, связанные с измерениями, включают трудности сбора точных данных и отсутствие стандартов в отношении измерения и представления отчетности. Американский национальный институт стандартов/Американское акустическое общество и Международная

организация по стандартизации (ИСО) выпустили стандарты в отношении измерения производимых судами подводных шумов, однако потребность в массивах датчиков для внедрения этих стандартов ограничила их применение. Дополнительными препятствиями для сбора данных являются относительно высокая стоимость установки и извлечения подводных устройств и еще более дорогостоящая установка кабельных систем. К проблемам в области моделирования относятся отсутствие точных и достоверных данных о состоянии окружающей среды, необходимых для точного моделирования, и низкое пространственное и временное разрешение зарегистрированных данных для проверки моделей. И наконец, что касается воздействия, то ведется работа по улучшению понимания слуховой чувствительности многих видов, в частности усатых китов, кумулятивного воздействия многочисленных источников шума, а также воздействия шума на популяции; тем не менее практические трудности сохраняются.

2. Описание состояния окружающей среды

Звук является эффективным средством коммуникации в морской среде, поскольку звуковые волны очень хорошо проходят через воду — со скоростью примерно в пять раз превышающей их скорость в воздухе. Тем не менее акустическая мощность уменьшается по мере того, как звук удаляется от источника. Разница в потерях на поглощение и распространение на разных частотах означает, что более низкие звуковые частоты движутся дальше, чем более высокие. Кроме того, на распространение звука влияют свойства окружающей среды, на скорость распространения звука влияют дно океана и свойства воды, а на направление движения звука влияет рельеф дна. В глубоководных районах особые условия окружающей среды могут привести к эффективному распространению звука в глубоководном канале или к конвергенции звука на определенных интервалах (Jensen and others, 2011). Уникальные условия распространения, в частности волноводный эффект или зеркальный эффект Ллойда, могут способствовать усилению звука вблизи поверхности (Jensen and others, 2011), а батиметрическое отражение мо-

жет создать сильные колебания интенсивности звука на близлежащих участках (McDonald and others, 2008).

Уровень громкости звука в океане, измеряемый в децибелах (дБ), рассчитывается путем привязки измеренных уровней звукового давления (в паскалях) к одному микропаскалю (дБ относительно 1 мкПа). Уровни звукового давления обычно измеряются как мгновенные пиковые или двойные амплитуды или, в случае более длительных сигналов, путем вычисления среднеквадратичного значения звукового давления. Эти различия в измерениях приводят к разнице уровня звукового давления до 4,5 дБ. Следует отметить, что, поскольку уровень громкости звука в воздухе рассчитывается относительно 20 микропаскалей, уровень громкости звука в океане и уровень громкости звука в воздухе напрямую не сопоставимы. Более сильное акустическое сопротивление в воде по сравнению с воздухом еще больше увеличивает разницу в измерениях между этими средами. В этой связи для сравнения уровня громкости звука, передаваемого по воздуху, с уровнем громкости звука, передаваемым

мого под водой, требуется коррекция в 61,5 дБ. При представлении данных об уровне шума вычисление спектральной плотности мощности требует дальнейшей корректировки частотного диапазона сигнала и, таким образом, обычно рассчитывается в дБ относительно $1 \text{ мкПа}^2/\text{Гц}$. Уровень естественного акустического фона океана в отсутствие шума не равномерен на различных частотах: он варьируется от 60 до 70 дБ относительно $1 \text{ мкПа}^2/\text{Гц}$ на частотах ниже 100 Гц и составляет менее 40 дБ относительно $1 \text{ мкПа}^2/\text{Гц}$ на частотах выше 10 килогерц (кГц) (Wenz, 1962). Движение частиц – еще одного компонента звуковых волн – измерить еще сложнее, но его важно учитывать при оценке воздействия звука на рыб (Popper and Hawkins, 2019).

К числу основных источников звуков в океане относятся геофизические источники, такие как ветер, волны, лед, вулканы и землетрясения; биологические источники, такие как морские млекопитающие, рыбы и беспозвоночные; и антропогенные источники. Существует множество источников антропогенного шума в морской среде; к основным источникам относятся суда (например, торговые суда, рыболовные суда и прогулочные и круизные суда), промышленная деятельность (например, производство энергии в море, включая сейсморазведку, освоение ресурсов прибрежных районов и добычу полезных ископаемых) и гидролокаторы (например, гидролокаторы, используемые для рыбного промысла и в военных и научных целях). В одних случаях генерация звука является преднамеренной и критически важной для конкретной деятельности, как в случае сейсморазведки и гидролокаторов, а в других случаях она является непреднамеренной, как в случае судоходства и освоения прибрежных районов. Уровень антропогенного шума меняется в пространстве и во времени, при этом двумя основными факторами, определяющими уровень шума, являются масштабы осуществляемой человеческой деятельности и характеристики его распространения в регионе.

В приведенной ниже таблице представлены обзор основных источников антропогенного шума, влияющих на шумовой фон океана, уровень громкости, характерный для каждого источника, и основной диапазон частот. В соответствии с подходом, применявшимся в рамках других об-

зоров зашумления океана, сейсморазведочные работы рассматриваются отдельно от других видов промышленной деятельности, поскольку они являются одним из основных источников низкочастотного крупномасштабного воздействия, которое существенно отличается от воздействия других промышленных источников шума. Представлен также обзор воздействия шума на морскую фауну и флору. К числу возможных последствий, рассматриваемых в настоящей главе, относятся физиологические и поведенческие последствия, а также воздействие на показатели смертности, если об этом сообщалось когда-либо ранее. Однако важным продолжением этих исследований о воздействии шума на отдельные организмы является понимание последствий акустического возмущения на уровне популяций, включая кумулятивные эффекты (National Academies, 2017).

2.1. Морское судоходство как источник зашумления океана

Доминирующими источниками звука, исходящего от морских судов, являются кавитация и турбулентность, создаваемые винтами, но существенным источником звукового импульса, передаваемого и излучаемого через корпус судна, является машинное оборудование (Ross, 1976). Гидравлический шум, возникающий при движении судна по воде, содействует на более низком уровне повышению шумового фона среды. Уровни воздействия различных компонентов зависят от ряда физических переменных, включая размеры, тоннаж, осадку, нагрузку и скорость судна, а также от ветра и морских условий в той мере, в какой они препятствуют движению судна по воде.

Морское судоходство включает в себя коммерческое судоходство, круизные лайнеры, военные суда, паромы, рыболовецкие суда и прибрежные катера, используемые в рекреационных целях. Коммерческое судоходство включает в себя контейнерные суда, нефтяные танкеры, балкеры-судногрузы, суда для перевозки генеральных грузов и пассажирские лайнеры. Различные классы судов имеют разные шумовые характеристики, которые также зависят от скорости и длины судна (Ross, 1976; McKenna and others, 2013). Например, современное коммерческое контейнерное судно

при стандартной рабочей скорости 12 метров в секунду (м/с) имеет уровень громкости звука 195 дБ относительно 1 мкПа на расстоянии 1 м с большей частью звукового импульса ниже 100 Гц (Gassmann and others, 2017). В случае небольших судов (например, судов длиной менее 20 м, в частности пассажирских и рыболовецких судов, прогулочных скоростных катеров, гидроциклов и т. д.) уровень излучаемого шума ниже (128–142 дБ относительно 1 мкПа на расстоянии 1 м; Erbe, 2013) и характеризуется энергетическим спектром, включающим акустическую энергию выше 1 кГц (Erbe, 2013), в результате чего диапазон распространения звука короче, чем у коммерческих судов.

Коммерческое судоходство часто является основным антропогенным источником зашумления океана на частотах ниже 200 Гц (Wenz, 1962; Frisk, 2012; Roul and others, 2019). Глобализация экономики привела к резкому увеличению за последние 30 лет торговых перевозок по всему миру. Мировой объем морских перевозок неуклонно растет (за исключением 1985 и 2009 годов) и в 2017 году достиг 10,7 млрд тонн (United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2018). На период 2018–2023 годов прогнозировался среднегодовой рост объема таких перевозок на 3,8 процента, однако на этом показателе может сказаться пандемия COVID-19. Неуклонно растет не только объем торговли, но и время, которое суда проводят в море: в 2017 году было зафиксировано соответствующее увеличение на 5 процентов (UNCTAD, 2018). С ростом объема торговли увеличилась также общая валовая вместимость судов. С общим ростом коммерческого судоходства тесно связано повышение уровня звукового давления в океане, которое на протяжении последних десятилетий XX века увеличивалось примерно на 3 дБ относительно 1 мкПа²/Гц в десятилетие в полосе частот 10–50 Гц (McDonald and others, 2006). Как представляется, с начала XXI века темпы этого роста остаются стабильными [Frisk, 2012 (плюс приводимые там источники)].

Компонент «удаленного судоходства» шумового фона, который возникает, когда данные по отдельным судам в общих данных неразличимы, но их шумы появляются в виде повышенной акустической энергии на частотах ниже 100 Гц

(Wenz, 1962) в заданном месте и в заданное время, сильно зависит от распределения судов в конкретный момент. Судоходство неравномерно распределено по широте: плотность судоходства в Северном полушарии вдоль интенсивно используемых судоходных маршрутов более высокая. В этой связи высокие уровни шумового фона (80–90 дБ относительно 1 мкПа²/Гц и более) на частотах, где доминирует судоходство (10–100 Гц), обычно встречаются в северной части Атлантического океана и северной части Тихого океана (Ross, 2005; McDonald and others, 2006; Širović and others, 2013; 2016). В Арктике, где интенсивность морского судоходства значительно ниже, низкочастотный шумовой фон в значительной степени обусловлен экологическими факторами, такими как морской ледяной покров и режим ветра (Roth and others, 2012). В прибрежных водах, вблизи оживленных портов и пляжей небольшие и средние рыболовецкие суда, прогулочные катера и небольшие паромы также могут быть источниками сильного антропогенного шума (Samuel and others, 2005; Merchant and others, 2012).

Уровень шумового фона от удаленного судоходства не связан с гибелью, повреждением тканей или другими прямыми физическими повреждениями морских млекопитающих (о других угрозах для морских млекопитающих, вызванных судоходством, см. гл. 6D). Шум от судоходства, в том числе шум, производимый небольшими судами, ассоциируется с широкомасштабными последствиями для выживания, физиологии и поведения отдельных организмов, что может иметь потенциальные последствия для выживания популяций и сообществ в рамках целого ряда морских таксонов. У морских млекопитающих такие последствия включают в себя, в частности, повышенный уровень стресса у североатлантических южных китов (*Eubalaena glacialis*) (Rolland and others, 2012), изменения в кормовом поведении горбатых китов (*Megaptera novaeangliae*) и их пении в период размножения (Blair and others, 2016; Tsujii and others, 2018), изменения в поведении морских свиной (*Phocoena phocoena*) (Dyndo and others, 2015), а также изменения в издавании звуков и маскировку коммуникационного пространства или его сокращение (Parks and others, 2010; Putland and others, 2018).

Что касается других таксонов, то последствия включают повышение уровня стресса у некоторых видов рыб (см., например, Nichols and others, 2015; Simpson and others, 2016a), что может приводить к увеличению риска хищнического истребления некоторых видов (Simpson and others, 2016a), снижение способности рыб и личинок кораллов выбирать подходящие местообитания (Simpson and others, 2008; 2016b) и маскировку и сокращение коммуникационного пространства [Putland and others, 2018; Weilgart, 2018 (плюс приводимые там источники)].

2.2. Сейсморазведка как источник зашумления океана

Использование звука для получения изображений геологических структур под поверхностью морского дна является главным морским геофизическим методом, применяемым в морской нефтегазовой промышленности. Сейсмоакустическое профилирование позволяет получить информацию о потенциальных залежах нефти и газа на глубине нескольких километров под морским дном. Для создания высокого уровня звука, необходимого для проникновения в твердые земные породы, за исследовательскими судами буксируется большое количество пневмоизлучателей. Каждый пневмоизлучатель выпускает воздух под высоким давлением, создавая звуковую волну высокого давления. Как правило, количество пневмоизлучателей, используемых в сейсморазведке, насчитывает от 25 до 50 единиц (Dragoset, 2000). Сигнал звукового давления пневмоизлучателей сфокусирован вертикально, при этом в большинстве случаев сигнал, идущий в вертикальном направлении, на 12–15 дБ сильнее. Пиковый уровень у источника этих групп пневмоизлучателей невозможно вычислить при стандартной ссылке относительно 1 метра, но, по упрощенной оценке, если рассматривать эту группу как единый источник, он может достигать 260 дБ_{пик} относительно 1 мкПа на расстоянии 1 м (Turner and others, 2006). Сейсморазведочные работы могут быть ограничены по продолжительности (от нескольких недель до нескольких месяцев), но, в зависимости от батиметрии, могут воздействовать на целые океанические бассейны, поскольку низкочастотные сигналы распространяются на значительные расстояния.

Сейсмические наблюдения могут также проводиться в исследовательских целях, в том числе за пределами районов, подвергающихся коммерческим наблюдениям, в частности в Южном океане. Кроме того, в прибрежных районах проводятся геофизические исследования с высоким разрешением для строительства важнейших объектов инфраструктуры, в частности мостов, портов, а в последнее время — и морских ветряных электростанций. В этих исследованиях используются такие источники звука, как спаркеры и профилографы «Унибум» (“Uniboomb”), которые являются менее мощными (210–230 дБ относительно 1 мкПа на расстоянии 1 м), чем пневмоизлучатели, и работают в более высокочастотном диапазоне (0,5–2,5 кГц; Gontz and others, 2006). Хотя эти исследования, как правило, локализованы во времени и пространстве, их воздействие может быть значительным для чувствительных прибрежных видов и экосистем.

Морские районы всех континентов, за исключением Антарктиды, подвергаются активной сейсмической разведке. В Мексиканском заливе наблюдается один из самых высоких уровней активности в мире, при этом глубоководная разведка является доминирующим источником низкочастотного шума в этом регионе (Wiggins and others, 2016). Высокая активность также наблюдается в северной части Атлантического океана (Nieukirk and others, 2004), южной части Атлантического океана (Miksis-Olds and Nichols, 2016; Haver and others, 2017) и Северном море (Hildebrand, 2009). В конце 2000-х — начале 2010-х годов из-за роста цен на сырую нефть сейсморазведочные работы активизировались, в частности в таких районах, как южная часть Атлантического океана и Средиземное море (Maglio and others, 2016). Среднее число судов по всему миру, проводивших активные сейсмические исследования, увеличилось с 40 в 2004 году (Hildebrand, 2009) до 75 к 2014 году (на основе данных бригад сейсморазведки), причем наибольшая активность была зарегистрирована в Мексиканском заливе, Европе, Азиатско-Тихоокеанском регионе и Африке. Однако к середине 2018 года после снижения цен на сырую нефть в 2015 и 2016 годах количество таких судов сократилось до 58 (GeoTomo, 2018).

Факт воздействия звука, производимого в ходе сейсморазведочных работ, на морскую фауну и флору документально подтвержден на примере ряда таксонов (от зоопланктона до морских млекопитающих). Макколи и др. (McCauley and others, 2017) сообщили о сокращении численности зоопланктона сразу же после проведения сейсморазведочных работ и увеличении количества мертвого зоопланктона различных видов. Контролируемые эксперименты на личинках гребешков показали, что при воздействии сейсмических импульсов пневмоизлучателей они демонстрируют значительные задержки в развитии и пороки развития (Aguilar de Soto and others, 2013), а у взрослых гребешков наблюдалось нарушение рефлексов (Day and others, 2016). Сейсморазведочные работы могут быть также причиной выбрасывания гигантских кальмаров на сушу (Guerra and others, 2004). Из-за сейсморазведочных работ наблюдались поведенческие и физиологические изменения рыб [Weilgart, 2018 (плюс приводимые там источники)], при этом сообщалось также об изменении показателей улова рыбы (Løkkeborg, 1991; Løkkeborg and others, 2012). Было отмечено, что сейсморазведочные работы оказывают негативное влияние на коммуникацию между китами (Di Iorio and Clark, 2009; Cerchio and others, 2014). Хотя был отмечен ряд последствий сейсморазведки для морской фауны и флоры, эксперименты по контролируемому воздействию не выявили заметных последствий для развития и выживания эмбрионов южных лангустов (*Jasus edwardsii*) и личинок дандженесского краба (*Metacarcinus magister*) (Pearson and others, 1994; Day and others, 2016), но выявили при этом ограниченное воздействие на веслоногих рачков *Calanus finmarchicus* (Fields and others, 2019).

2.3. Промышленная деятельность как источник шумления океана

В 2003 году Национальный совет по научным исследованиям Соединенных Штатов завершил всеобъемлющий обзор вопроса о подводном шуме, производимом в результате промышленной деятельности. Ниже приводится резюме основных выводов соответствующего доклада и исследований в области промышленного шума в океане, опубликованных с 2003 года. Для це-

лей настоящей главы воздействие нефтегазовой деятельности, в рамках которой применяются несейсмические технологии, рассматривается отдельно от других видов промышленной деятельности, которые способствуют шумлению морской среды.

2.3.1. Промышленный шум от нефтегазовой деятельности

Проведение сейсмических работ, целью которых является разведка нефтяных и газовых месторождений, равно как и сама нефтегазовая промышленность повышают степень шумления на этапах бурения и добычи. Промышленная деятельность нефтегазового сектора осуществляется во всем мире начиная с 72° северной широты до 45° южной широты. Деятельность, связанная с сейсморазведкой и добычей нефти и газа, осуществляется вдоль береговых линий всех континентов мира, за исключением Антарктиды (NRC, 2003). Уровни шума, связанного с добычей нефти и газа и сопутствующими видами деятельности, такими как прокладка трубопроводов, выработка энергии на платформах, движение нефти и газа по трубопроводам и работа вспомогательных судов, обычно намного ниже, чем при проведении сейсморазведочных работ (Richardson and others, 1995). Воздействие этого производственного шума может быть ограничено зонами, расположенными вблизи объектов, но может сохраняться в течение активного периода эксплуатации объектов, который может продолжаться в течение многих лет (ibid.). На основе данных, собранных вдоль северного склона Аляски и прилегающего побережья Канады, суда, активно занимающиеся буровыми работами, имеют высокий уровень излучаемого звука при максимальном широкополосном уровне давления у источника, рассчитываемом из среднеквадратичного значения давления в пределах 10 Гц–10 кГц, около 190 дБ [среднеквадратичное значение) относительно 1 мкПа на расстоянии 1 м (Richardson and others, 1995)].

2.3.2. Другие промышленные и строительные источники шумления океана

Спектр деятельности в этой категории чрезвычайно широк. Забивка свай и производство энергии с помощью ветрогенераторов часто

осуществляются на больших глубинах, в то время как дноуглубительные работы, освоение прибрежной зоны и связанные с ними строительные работы, судостроительные верфи и ежедневные портовые работы расположены вблизи берега и содействуют зашумлению на мелководье. Глубоководная добыча все еще в значительной степени ограничена по своим масштабам из-за чрезмерных издержек (Miller and others, 2018; Thompson and others, 2018), но в будущем может расширяться. Совокупное воздействие различных видов промышленной деятельности, в частности сочетания наземных, береговых и прибрежных источников звука, на морскую среду изучено слабо. Тем не менее этот широкий спектр промышленной деятельности приводит к появлению шумов у источника и акустических моделей, подробно описанных ниже.

Забивка свай обычно предусматривает нанесение тысяч ударов крупными молотками со скоростью примерно раз в секунду для забивания стабилизирующих конструкций надводных сооружений в морское дно. Уровень шума у источника при забивке свай значителен, причем пиковые уровни варьируются в диапазоне от 226 до 248 дБпик относительно 1 мкПа на расстоянии 1 м (Bailey and others, 2014; Miller and others, 2017). Существует ряд методов снижения уровня распространяемого шума при забивке свай, включая использование передвижных пузырьковых завес (Würsig and others, 2000), стационарных пузырьковых воздушных завес (Rustemeier and others, 2011) и акустических экранов на основе резонаторов Гельмгольца (Lee and others, 2012). Внедрение этих методов может снижать громкость производимых в результате соответствующей деятельности звуков на 20 дБ, хотя в среднем снижение составляет порядка 5 дБ (Buehler and others, 2015).

Эксплуатация морских ветряных электростанций производит уровень шума около 150 дБ относительно 1 мкПа на расстоянии 1 м (Nedwell and Howell, 2004; Hildebrand, 2009). Это может представлять собой увеличение общего уровня фонового шума на 5–25 дБ на близлежащих участках (в пределах примерно 1 км) (Norro and others, 2011). Как и в случае нефтегазовых объектов, шум, связанный со строительством ветряных электростанций, в значительной степени

возникающий в результате забивки свай, ограничен по продолжительности, но может воздействовать на большие участки океана. После ввода в эксплуатацию ветряных электростанций создаваемый ими шум будет воздействовать на меньшую площадь, но продлится в течение всего срока их эксплуатации.

В последние годы возобновился интерес к коммерческим операциям по извлечению экономически ценных металлов из глубоководных участков моря, в том числе в местах расположения гидротермальных источников по всему миру, при этом разведка уже ведется в районе Срединно-Атлантического хребта вокруг Азорских островов (см. также гл. 18). Уровень шума, который эта деятельность привносит в глубоководные участки моря, неизвестен.

Антропогенный шум от дноуглубительных работ состоит из шума от корабельных машин и механических движений, например всасывающих и землеройных устройств, а также шума от возможного применения взрывчатых веществ. Уровень шума, регистрируемого при проведении дноуглубительных работ, составляет примерно от 163 до 190 дБ относительно 1 мкПа на расстоянии 1 м, в зависимости от типа дноуглубительных работ (Greene, 1985; Nedwell and others, 2008; Robinson and others, 2011; Reine and others, 2012; McQueen and others, 2020).

Эти различные виды промышленной деятельности могут оказывать разное воздействие на морскую флору и фауну. Согласно наблюдениям, импульсный шум, подобный тому, который создается при забивке свай, нарушает местообитания морских свиной (Carstensen and others, 2006) и может вызвать нарушение слуха у морских млекопитающих и рыб, находящихся вблизи источника шума (Madsen and others, 2006; Casper and others, 2013). Было отмечено, что шум, возникающий при забивке свай, увеличивает скорость метаболизма у некоторых видов рыб и мидий (Spiga and others, 2016; Bruinijtes and others, 2017), а также меняет способы передвижения и стайное поведение рыб (Mueller-Blenkle and others, 2010; Herbert-Read and others, 2017) и сказывается на кальмарах (Jones and others, 2020). Согласно наблюдениям, вибрация морского дна в результате экспериментов по имитации забивки свай также отрицательно влияет на рост и фи-

зическое состояние донных мидий (Roberts and others, 2015). Рыбы и морские млекопитающие могут улавливать звуки действующих ветряных электростанций на расстоянии нескольких километров, однако неизвестно, вызывают ли эти звуки какие-либо нарушения с точки зрения их биологического функционирования, но при этом было доказано, что они негативно сказываются на расселении крабов (Pine and others, 2012).

2.3.3. Зашумление океана гидролокаторами

Различные типы гидролокаторов используются для картирования дна океана и поиска и локализации различных объектов в толще воды (например, планктона, рыбы или подводных лодок). Гидролокаторы используются, в частности, военными, коммерческими, чартерными и рекреационными рыболовными сообществами, а также научно-исследовательским сообществом. Каждая из этих групп применяет их в разных целях.

Применение гидролокаторов военными судами в основном ориентировано на противолодочные операции и включает в себя два типа гидролокаторов: низкочастотный активный гидролокатор и среднечастотный активный гидролокатор. Низкочастотные активные гидролокаторы действуют в диапазоне 100–500 Гц с общим уровнем шума у источника 230–240 дБ относительно 1 мкПа на расстоянии 1 м, что позволяет улавливать звуки на больших расстояниях (сотни километров). Среднечастотные активные гидролокаторы действуют на частотах 2–8 кГц, имеют уровень шума у источника 235 дБ относительно 1 мкПа на расстоянии 1 м (Hildebrand, 2009) и функционируют на расстоянии десятков километров. Военно-морские силы Соединенных Штатов располагают четырьмя кораблями, предназначенными для использования низкочастотных активных гидролокаторов, и в военно-морских флотах мира в настоящее время используются около 300 среднечастотных активных гидролокаторов (Hildebrand, 2009).

Что касается невоенных целей, то наиболее часто встречающиеся на судах гидролокаторы включают в себя рыбопоисковые приборы и другие эхолоты, которые называются многолучевыми гидролокаторами и гидролокаторами бокового обзора и работают на одной или не-

скольких частотах. Гидролокаторы, не используемые в военных целях, обычно генерируют звуковой сигнал более низкого уровня у источника, нежели военные гидролокаторы, и в большинстве случаев их лучи направляются вниз по траектории движения судна, а в случае многолучевых гидролокаторов — перпендикулярно. Типичная рабочая частота рыбопоискового прибора составляет от 15 до 200 кГц. Многолучевые гидролокаторы для картографирования морского дна, обычно используемые научно-исследовательским сообществом, работают на частотах от 12 кГц в глубоководье до 400 кГц в мелководье с узконаправленными лучами (приблизительно 1 градус) и уровнем звука у источника от 232 до 245 дБ относительно 1 мкПа на расстоянии 1 м (Hildebrand, 2009).

Некоторые страны ограничивают использование низкочастотных активных гидролокаторов из-за опасений по поводу их воздействия на водолазов и морских млекопитающих (Miller and others, 2000), хотя сообщалось, что такие гидролокаторы не влияют на поведение сельди (Doksæter and others, 2012). Использование среднечастотных активных гидролокаторов связано с выбросом многочисленных видов китообразных на сушу (Balcomb and Claridge, 2001). Клюворыловые, по-видимому, особенно чувствительны к этому типу гидролокатора: его использование приводит как к физиологическим повреждениям (Fernández and others, 2005), так и к поведенческим изменениям некоторых видов клюворыловых (Tyack and others, 2011; DeRuiter and others, 2013; Moretti and others, 2014). В целом, однако, реакция разных популяций различна, и есть некоторые свидетельства того, что клюворыловые, регулярно подвергающиеся воздействию среднечастотных активных гидролокаторов, могут приспосабливаться к звуку (Bernaldo de Quirós and others, 2019). Присутствие среднечастотных активных гидролокаторов, как отмечается, меняет поведение усатых китов (Goldbogen and others, 2013) и многих видов зубатых китов (Sivle and others, 2012). Как представляется, клюворыловые также чувствительны к другим видам гидролокаторов, в частности наблюдаются изменения в их поведении в присутствии эхолота, размещенного в научных целях (Cholewiak and others, 2017).

Основные источники антропогенного шума

Отрасль/ сектор	Источник звука	Тип звука	Уровень звука у источника (в дБ относительно 1 мкПа на расстоянии 1 м)	Частота основной энергии (кГц)
Коммерческое судоходство				
Суда среднего размера (50–100 м)	Гребные винты/кавитация	Постоянный	165–180 ^a	< 1
Большие суда (например, супертанкеры и контейнеровозы)	Гребные винты/кавитация	Постоянный	180–219 ^a	< 0,2
Разведка и разработка ресурсов				
Нефть и газ	Пневмоизлучатели для сейсморазведки	Импульсный	220–262 ^c	0,05–0,1
	Бурение	Постоянный	124–190 ^a	0,1–1
Возобновляемые источники энергии	Забивка свай ударным методом	Импульсный	220–257 ^c	0,1–2
	Действующая ветряная электростанция	Постоянный	144 ^a	< 0,5
Военно-морские операции	Низкочастотный гидролокатор	Импульсный	240 ^b	0,1–0,5
	Среднечастотный гидролокатор	Импульсный	223–235 ^b	2,8–8,2
	Взрывы (например, испытание судов на воздействие подводного взрыва, учения)	Импульсный	272–287 ^a	0,006–0,02
Рыболовство	Гребные винты/кавитация	Постоянный	160–198 ^a	< 1–10
	Акустические отпугивающие устройства и беспокоящие устройства	Импульсный	132–200 ^b	5–30
	Гидролокатор (эхолот)	Импульсный	185–210 ^b	20–260
Дноуглубительные работы	Гребные винты/кавитация, резка, закачивание, черпание и копание	Главным образом постоянный	163–188 ^a	0,1–0,5
Морские научные исследования (например, на научно-исследовательских судах)	Гребные винты/кавитация	Постоянный	165–180 ^a	< 1
Рекреационная деятельность (например, прогулочные суда и быстросходные моторные лодки)	Гребные винты/кавитация	Постоянный	160–175 ^a	1–10
Туристические суда (например, суда для наблюдения за китами и дельфинами, круизные суда)				
Суда длиной < 50 м – > 100 м	Гребные винты/кавитация	Постоянный	160–190 ^a	< 0,2–10
Строительство портовых сооружений	Забивка свай ударным методом (например, возведение свайных стен)	Импульсный	200 ^b	0,1–0,5

Источник: документ Организации Объединенных Наций А/73/68, приложение.

^a Среднеквадратичное значение уровня звукового давления.

^b Пиковый уровень звукового давления.

^c Уровень звукового давления при двойной амплитуде.

3. Описание экономических и социальных последствий и других экономических и социальных изменений

В 2018 году в ходе обсуждений в рамках Открытого процесса неофициальных консультаций Организации Объединенных Наций по вопросам Мирового океана и морского права, посвященных теме «Антропогенное зашумление подводной среды», была подчеркнута важность рассмотрения социально-экономических последствий такого шума. В частности, было продемонстрировано, что проведение сейсморазведки с использованием пневмоизлучателей снижает улов рыб семейства тресковых и морских окуней (Hirst and Rodhouse, 2000). Это может привести к краткосрочным экономическим потерям для соответствующего рыбного хозяйства в период проведения сейсморазведки. Воздействие шума на виды, которые имеют особое социальное, экономическое и культурное значение, может иметь социально-экономические последствия для прибрежных сообществ, особенно если оно снижает доступность морских видов, имеющих коммерческое или рекреационное значение. Аналогичного сокращения социальных и экономических выгод можно ожидать в связи с перемещением морских млекопитающих, которые находятся в центре туристической деятельности. Кроме того, перемещение морских животных может пагубно сказываться на традиционной и культурной практике коренных народов, которые полагаются на кустарный промысел и охоту для получения средств к существованию. В прошлом вопрос взаимосвязи между антропогенным шумом и его воздействием на социально-экономические факторы был недостаточно хорошо изучен, однако

растущий интерес к воздействию антропогенного шума в океане может содействовать тому, что больше внимания будет уделяться вопросу о гуманитарных последствиях, связанных с повышением зашумленности.

Хотя вопрос об антропогенном зашумлении подводной среды, возможно, наиболее очевидным образом связан с достижением цели 14 в области устойчивого развития (сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития), он также связан с рядом других целей². Обеспечение доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех (цель 7 в области устойчивого развития) может привести к локализованному и краткосрочному повышению уровня антропогенного шума в океане во время строительства морских ветряных электростанций, но при этом может содействовать общему снижению уровня антропогенного шума в связи с уменьшением потребности в эксплуатации ископаемого топлива. Успешное достижение цели 11 в области устойчивого развития, касающейся экологической устойчивости городов и населенных пунктов, и цели 12 в области устойчивого развития, касающейся перехода к рациональным моделям потребления и производства, может в конечном итоге повлиять на общий уровень антропогенного шума в океане, если достижение этих целей приведет к изменениям в мировой индустрии судостроения.

4. Основные изменения и последствия (в региональной разбивке)

4.1. Северный Ледовитый океан

Открытие судоходных каналов в Арктике в результате сокращения ледового покрова, вызванного изменением климата, начало приводить к интенсификации судового движения в Арктическом бассейне (Eguiluz and others, 2016). Хотя это

все еще довольно редкий маршрут, в будущем Арктика, вероятно, станет более распространенным судоходным и туристическим маршрутом, поскольку льды продолжают таять (Smith and Stephenson, 2013). Последствия изменений в судостроении и особенно связанных с ними изме-

² См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

нений звуковой среды под влиянием большего числа антропогенных источников для местных арктических сообществ и морских животных в основном неизвестны (Ho, 2010). В середине 2000-х годов в Чукотском море началась разведка нефти, но от дальнейшей разведки и разработки месторождений отказались, когда выяснилось, что запасов региона недостаточно для дополнительных инвестиций (Shell, 2015). Морская добыча нефти и газа в арктических районах Канады в настоящее время не разрешена, при этом проведение обзора этого запрета должно состояться в 2021 году (Nunatsiaq, 2016).

4.2. Северная часть Атлантического океана, Балтийское, Черное, Средиземное и Северное моря

Северная часть Атлантического океана круглый год является оживленным судоходным маршрутом (Vettor and Soares, 2015). Шум от сейсморазведочных работ, в зависимости от времени года, присутствует в полярных районах северной части Атлантического океана (Klinck and others, 2012; Haver and others, 2017). В результате стремительного развития морских ветряных электростанций по состоянию на 2018 год в Северном и Балтийском морях насчитывалось около 90 действующих ветряных электростанций, и прогнозируется их дальнейшее развитие в будущем (Xu and others, 2020; Rusu, 2020), что приведет к значительному увеличению шума на этапе строительства (Miller and others, 2017). Главные очаги зашумленности в Средиземноморье — это районы, прилегающие к крупным гаваням. Кроме того, в последнее время в Ионическом и Адриатическом морях и на побережьях северо-западной Африки и восточного Средиземноморья наблюдается увеличение объема поисково-разведочных работ на нефть и газ (Maglio and others, 2016). Возможно также расширение масштабов сейсморазведочных работ в Черном море (Broad, 2014).

4.3. Мексиканский залив, южная часть Атлантического океана и Большой Карибский район

Количество судов, проводящих сейсмические исследования в Мексиканском заливе, сократилось, а у атлантического побережья Южной Америки их число увеличилось (GeoTomo, 2018;

United States Energy Information Administration (USEIA), 2020), потенциально повышая уровень низкочастотного шума в течение последнего десятилетия. Открытие Гайаной крупных залежей морской нефти (Cummins, 2018) может привести к расширению масштабов сейсморазведки и повышению промышленной активности в этом районе. Шум, связанный с судоходством, повсеместно наблюдается по всему Карибскому бассейну (Heenehan and others, 2019).

4.4. Индийский океан, Аравийское море, Бенгальский залив, Красное море, Аденский залив и Персидский залив

Развитие стран Африки, включая увеличение числа новых портов, способствует быстрому расширению судоходства в регионе (Tournadre, 2014), что, в свою очередь, увеличивает антропогенный шум в районах, которые ранее были относительно бесшумными. У берегов Австралии продолжается сейсморазведочная деятельность (Paumard and others, 2019).

4.5. Северная часть Тихого океана

Новые морские ветровые проекты разрабатываются у берегов Японии, Республики Корея, китайской провинции Тайвань и Китая (Yang and others, 2018; Li and Yuan, 2019). В рамках этого процесса Япония также начинает определять параметры акустического мониторинга. Кроме того, предлагается осуществление морских ветровых проектов у западного побережья Соединенных Штатов, однако эти инициативы еще не утверждены и не реализованы (Bureau of Ocean Energy Management, 2020). Некоторые районы вдоль западного побережья Соединенных Штатов, а также вдоль Гавайской островной цепи обозначены как морские заповедники и могут быть защищены от прямого освоения.

4.6. Южная часть Тихого океана

У берегов Австралии и Новой Зеландии продолжают сейсморазведочные работы (например, Cheong and Evans, 2018; Urosevic and others, 2019). В остальном южная часть Тихого океана остается относительно свободной от антропогенных источников шума: судоходство и промышленное развитие в этом районе представлены мало.

4.7. Южный океан

В последние годы в Южном океане наблюдается рост интенсивности движения круизных судов, причем как в регионе Антарктического полуострова, где в прошлом наблюдалось некоторое движение круизных судов, так и в Восточной

Антарктике и море Росса, которые ранее не исследовались (Sánchez and Roura, 2016). Однако в целом в регионе наблюдается немного антропогенных источников шума: судоходство и промышленное развитие в этом районе представлены мало (Dziak and others, 2015).

5. Перспективы

Антропогенный шум в океане в значительной степени обусловлен судоходством, разведкой месторождений нефти и газа, а на более местном или региональном уровне – развитием прибрежных районов. Рост населения, миграция в прибрежные районы, рост индустриализации и туризма и другие события приведут к активизации деятельности, которая станет источником антропогенного зашумления, если она не будет сопровождаться усилиями по смягчению последствий. Ряд таких усилий уже предпринимается. Научный комитет Международной китобойной комиссии (МКК) одобрил цель сокращения фонового шума океана в следующем десятилетии на 3 дБ, а в последующие 30 лет – на 10 дБ. МКК активно сотрудничает с Международной морской организацией (ИМО) и обсуждает стратегии достижения этой цели. Одной из мер может быть снижение шума от судоходства – основного источника антропогенного низкочастотного шума в открытом океане (Wenz, 1962; Frisk, 2012; Roul and others, 2019). Шум, создаваемый судами, можно уменьшить, если регулировать лопасти винта, делая их тише, и изолировать двигатели и другие источники шума на судне таким образом, чтобы создаваемый ими шум не распространялся от судна в океан. Такие технологии уже существуют, но нуждаются в более широком внедрении. Рассматриваемые альтернативные меры, которые можно принять без внедрения технических новшеств, включают уменьшение скорости движения судов и изменение маршрута судов, то есть удаление от чувствительных для морской флоры и фауны районов, таких как морские заповедники, парки или заказники. В нефтегазовой отрасли изучаются новые альтернативы использованию пневмоизлучателей при проведении геологоразведочных работ, в частности морские

вибраторы. Даже при новых технических достижениях невозможно обеспечить надлежащую защиту морской среды без консенсуса в отношении глобального подхода, который заполнит пробелы в знаниях, связанных с воздействием антропогенного шума. Принимая во внимание эти соображения, ИМО, например, приняла в 2014 году Руководящие принципы в отношении сокращения подводного шума от коммерческого судоходства для решения проблемы пагубных последствий шума для морской флоры и фауны.

Важность вопроса об антропогенном шуме признается различными структурами Организации Объединенных Наций. В июне 2018 года главной темой девятнадцатого совещания Открытого процесса неофициальных консультаций Организации Объединенных Наций по вопросам Мирового океана и морского права был антропогенный шум. Презентации и обсуждения, состоявшиеся в ходе совещания, охватывали, в частности, обзор источников антропогенного шума, последствий и социально-экономического воздействия шума, а также вопросы сотрудничества и координации между государствами в деле борьбы с антропогенным шумом. В частности, было отмечено, что применение осторожного подхода к регулированию шумового воздействия предлагалось как на региональном, так и на глобальном уровне и что для выявления и смягчения последствий необходимо развивать межсекторальное сотрудничество³.

С учетом того, что звук представляет собой одну из форм энергии, его попадание в морскую среду рассматривается многими как одна из форм загрязнения в силу его потенциально пагубных последствий. В своей резолюции 12.14 Конференция сторон Конвенции по сохранению миг-

³ См. А/73/124.

рирующих видов диких животных признала воздействие антропогенного зашумления подводной среды на морские виды и призвала к дальнейшему изучению и смягчению последствий такого шума. Она также одобрила руководство по проведению оценок воздействия производящей подводный шум деятельности на окружающую среду, которое было разработано в сотрудничестве с секретариатами Соглашения по сохранению китообразных Черного и Средиземного морей и прилегающей атлантической акватории и Соглашения о сохранении малых китообразных Балтийского моря, Северо-Восточной Атлантики, Ирландского и Северного морей. Кроме того, она приветствовала соответствующую информацию о технической поддержке (Prideaux, 2017)⁴.

Некоторые государства разрабатывают свои собственные руководящие принципы в целях решения проблемы зашумления океана. Европейский союз получил от своих государств-членов мандат на измерение антропогенного шума и представление отчетности в соответствии с показателем 11 Рамочной директивы о морской стратегии, принятой в июне 2008 года. Целью Директивы является обеспечение к 2020 году надлежащего экологического состояния, при этом каждое государство-член само определяет способы достижения этой цели. В соответствии с Директивой в регионе наблюдается распространение проектов, направленных на борьбу с зашумлением океана, включая регистры или базы данных по шуму, содержащие спецификации в отношении импульсной шумовой деятельности. Примерами таких регистров являются регистр импульсного шума Комиссии по защите морской среды Балтийского моря и регистр шума в Средиземном и Черном морях в рамках Соглашения по сохранению китообразных Черного и Средиземного морей и прилегающей атлантической акватории. В Канаде создается Инфраструктура исследований морской среды для интеграции и применения сети данных⁵ — база данных по подводной акустике и отслеживанию судов,

включая визуализацию и аналитические инструменты для представления информации руководителям, общественности и исследователям. В Соединенных Штатах меры по всестороннему регулированию воздействия шума на морские виды изложены в Стратегии по борьбе с зашумлением океана Национальной администрации по океану и атмосфере (Gedamke and others, 2016), которая предусматривает также использование картографических инструментов для содействия оценке воздействия антропогенного шума на китообразных (NOAA, 2020). Эти национальные усилия по документированию источников шума должны привести к расширению возможностей картирования различных уровней шума во всем регионе. В то же время такие инициативы ведут к активизации усилий по стандартизации процедур сбора данных и измерений. Например, в рамках «Международного эксперимента по тихому океану», представляющего собой совместную международную научную программу, разработанную для поощрения научных исследований, наблюдений и моделирования в целях улучшения понимания звукового ландшафта океана и воздействия звука на морские организмы, были созданы рабочие группы по сбору данных и стандартизации управления данным.

Кроме того, недавно Группа по биологии и экосистемам Глобальной системы наблюдений за океаном (GOOS) отнесла звук к числу основных океанических параметров (GOOS, 2020). Звук океана признается междисциплинарным параметром, поскольку он включает в себя такие геофизические источники, как ветер, пузыри, лед, землетрясения и вулканы. Такое глобальное признание и включение систем наблюдения в новые инициативы должно способствовать расширению мониторинга антропогенного шума, а также углублению понимания его вклада в шумовой фон и возможных изменений звуковых ландшафтов с течением времени, особенно в связи с изменением аспектов океанопользования и изменением климата.

⁴ Подробную информацию о руководстве по проведению оценок воздействия производящей подводный шум деятельности на окружающую среду, разработанном группой секретариатов по Конвенции по сохранению мигрирующих видов диких животных, см. URL: www.cms.int/guidelines/cms-family-guidelines-EIAS-marine-noise.

⁵ См. URL: <https://meridian.cs.dal.ca>.

Высокий уровень шума в океане может иметь различные последствия для морской флоры и фауны. Теоретическая основа для оценки последствий акустических возмущений на уровне популяций была разработана для морских млекопитающих, но должна быть применима и к другим таксонам (Pirrotta and others, 2018). Такой подход может использоваться для целей управления, но в то же время предусматривает рамочную основу для изучения непосредственных механизмов тех явлений, которые вызывают изменения на индивидуальном уровне и направляют дальнейший сбор данных и разработку моделей. С учетом того, что эти последствия проявляются среди видов, имеющих коммерческое и рекреационное значение, а также сре-

ди тех видов, которые имеют значение с точки зрения обеспечения средств к существованию, существует вероятность негативного социального и экономического воздействия. Например, сокращение темпов восстановления коммерчески значимых видов рыб (Simpson and others, 2008) может со временем привести к снижению объемов вылова, а более высокая смертность видов может привести к сокращению промысловой добычи. Что касается видов, находящихся в центре туристической деятельности, то туристическая деятельность, в частности наблюдение за китами, может приводить к повышенному шуму и вызывать последствия (Erbe, 2002; Holt and others, 2009).

6. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях

Сохраняется ряд проблем, связанных с оценкой относительного увеличения и возможного воздействия антропогенного шума в океане. Основной проблемой является отсутствие знаний об исходном фоновом шуме океана. Учитывая отсутствие записей за периоды времени, предшествующие человеческой деятельности, существует ограниченное понимание морских звуковых ландшафтов, в которых эволюционировали морские организмы, или того, в какой степени они, возможно, адаптировались к антропогенным шумовым воздействиям. Наилучшим показателем являются регионы, которые не подвержены влиянию развития человеческого потенциала и деятельности человека и, возможно, существуют в изолированных бассейнах, например в районах Южного океана, или до недавнего времени находились в некоторых частях Арктики. Однако, согласно максимально обоснованным оценкам, во многих районах океана уровни низкочастотного (10–200 Гц) фонового шума по крайней мере на 20–30 дБ выше, чем исходные уровни.

Еще один серьезный пробел заключается в понимании воздействия шума на морские экосистемы. До настоящего времени большая часть работы была сосредоточена на воздействии одного стрессора на конкретный вид, результаты которой могут не иметь прямого отношения к популяциям (Gill and others, 2001). Остается не-

ясным вопрос, который очень трудно исследовать, а именно вопрос о том, как сочетание шума и других стрессоров (например, смещение пищевых цепочек, изменение температуры воды и разрушение местообитаний) воздействует на морские популяции. Была разработана рамочная основа для оценки последствий возмущений для популяций, однако зачастую значения слишком многих ключевых параметров отсутствуют, что лишает возможности проводить оценку на уровне популяций (King and others, 2015). Например, очень мало известно о слуховой реакции крупных усатых китов. Кроме того, окружающая среда может быть подвержена сильному воздействию множества источников шума, которые могут воздействовать на несколько видов одновременно, вероятно, усугубляя любые последствия (Shannon and others, 2016). На данном этапе во многих нормативных актах, которые основаны на недостаточном объеме данных, предусматривается применение осторожного подхода. Однако необходимо будет расширять возможности для учета последствий и воздействия различных масштабов и различных источников, с тем чтобы можно было проводить реалистичную оценку воздействия антропогенного шума на морских животных.

И наконец, необходимо прилагать значительные усилия для стандартизации подходов к мониторингу, измерений и архивных рамок или систем

для подходов к акустической записи и соответствующего сбора данных. Стандарты Американского национального института стандартов/Американского акустического общества (American National Standards Institute/Acoustical Society of America, 2009) и стандарты Международной организации по стандартизации (ИСО) (ISO, 2016) для измерения исходящего от судов подводного шума в глубоководье требуют многократного измерения звука с помощью множества датчиков и на практике применяются редко. Кроме того, в данный момент ИСО разрабатывает стандарты

по измерению и мониторингу звукового ландшафта, которые будут включать в себя данные о подводной среде, и в настоящее время разрабатываются стандарты на основе типовых процедур Американского акустического общества в отношении буксируемых систем гидрофонов и архивирования данных. В будущем следует также разработать стандарты в отношении прочей деятельности по акустическому мониторингу, в частности фиксированной записи, калибровки и сбора данных шумового фона.

7. Основные сохраняющиеся пробелы в формировании потенциала

До настоящего времени мониторинг и моделирование антропогенного шума главным образом осуществлялись в районах Северной Америки и Европы, а некоторый локализованный мониторинг также проводился у побережья Австралии. Однако повсеместное наращивание потенциала в районе Индийского океана и прилегающих к нему морей, включая мониторинг, оценку воздействия и разработку механизмов управления, поможет углубить понимание изменений, происходящих в окружающей среде. Поскольку звук широко распространяется по океаническим бассейнам, а антропогенные источники шума встречаются во всем мире, существует необходимость в расширении сотрудничества и взаимодействия между всеми государствами и регионами, а также в более широком обмене информацией и технологиями. Один из примеров различий в доступе к технологиям связан с доступом к АИС для отслеживания судов. Знание местонахождения корабля необходимо для точного картирования подводного шума. АИС – это система локализации и идентификации, которая

была разработана для предотвращения столкновений судов и с течением времени была принята и санкционирована для судов различных размеров. Наиболее всесторонний мониторинг судов осуществляется развитыми странами благодаря относительно хорошему пространственному охвату приемниками АИС. Осуществляемый в настоящее время переход на спутниковую АИС позволит расширить охват данных, а своевременное международное сотрудничество в использовании этих данных может позволить устранить некоторые пробелы в формировании потенциала разных государств в области моделирования. Активизация сотрудничества и взаимодействия с развивающимися государствами будет способствовать обмену передовой практикой и передовыми имеющимися технологиями, необходимыми для разработки национальных и региональных программ, направленных не только на мониторинг последствий антропогенного зашумления подводной среды, но и представление информации, необходимой для принятия обоснованных политических решений.

Справочная литература

Aguilar de Soto, Natacha, and others (2013). Anthropogenic noise causes body malformations and delays development in marine larvae. *Scientific Reports*, vol. 3, No. 1, p. 2831. <https://doi.org/10.1038/srep02831>.

American National Standards Institute/Acoustical Society of America (ANSI/ASA) (2009). *Quantities and Procedures for Description and Measurement of Underwater Sound from Ships—Part 1: General Requirements*. American National Standards Institute/Acoustical Society of America New York.

- Bailey, Helen, and others (2014). Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future. *Aquatic Biosystems*, vol. 10, No.1, p. 8.
- Balcomb, Kenneth C. III, and Diane E. Claridge (2001). A mass stranding of cetaceans caused by naval sonar in the Bahamas. *Bahamas Journal of Science*, vol. 8, No. 2, pp. 2–12.
- Bernaldo de Quirós, Y., and others (2019). Advances in research on the impacts of anti-submarine sonar on beaked whales. *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 286, No. 1895, art. 20182533.
- Blair, Hannah B., and others (2016). Evidence for ship noise impacts on humpback whale foraging behaviour. *Biology Letters*, vol. 12, No.8, p. 20160005.
- Broad, William J. (2014). In taking Crimea, Putin gains a sea of fuel reserves. *The New York Times*, 17 May 2014.
- Bruintjes, Rick, and others (2017). The impact of experimental impact pile driving on oxygen uptake in black seabream and plaice. *Proceedings of Meetings on Acoustics*, vol. 27, No. 1, art. 010042. <https://doi.org/10.1121/2.0000422>.
- Buehler, D., and others (2015). Technical guidance for assessment and mitigation of the hydroacoustic effects of pile driving on fish. *Technical Report No. CTHWANP-RT-15-306.01.01*.
- Bureau of Ocean Energy Management (2020). California Activities. www.boem.gov/renewable-energy/state-activities/california-activities.
- Carstensen, J., and others (2006). Impacts of offshore wind farm construction on harbour porpoises: acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors (T-PODs). *Marine Ecology Progress Series*, vol. 321, pp. 295–308.
- Casper, Brandon M., and others (2013). Effects of exposure to pile driving sounds on fish inner ear tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, vol. 166, No. 2, pp. 352–360. <http://doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.07.008>.
- Cerchio, Salvatore, and others (2014). Seismic surveys negatively affect humpback whale singing activity off northern Angola. *PloS One*, vol. 9, No. 3. e86464.
- Cheong, Sei-Him, and Breanna Evans (2018). Acoustic ground truthing of seismic noise in Chatham Rise, New Zealand. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 143, No. 3, p. 1974. <https://doi.org/10.1121/1.5036504>.
- Cholewiak, Danielle, and others (2017). Beaked whales demonstrate a marked acoustic response to the use of shipboard echo sounders. *Royal Society Open Science*, vol. 4, No. 12, art. 170940.
- Cummings, Anthony R. (2018). How Guyana's Oil Discovery Rekindled a Border Controversy. *Journal of Latin American Geography*, vol. 17, No. 3, pp. 183–211.
- Day, Ryan D., and others (2016). Seismic air gun exposure during early-stage embryonic development does not negatively affect spiny lobster *Jasus edwardsii* larvae (Decapoda: Palinuridae). *Scientific Reports*, vol. 6, p. 22723.
- Day, Ryan D., and others (2017). Exposure to seismic air gun signals causes physiological harm and alters behavior in the scallop *Pecten fumatus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, No. 40, pp. E8537–E8546.
- DeRuiter, Stacy L., and others (2013). First direct measurements of behavioural responses by Cuvier's beaked whales to mid-frequency active sonar. *Biology Letters*, vol. 9, No. 4, p. 20130223.
- Di Iorio, Lucia, and Christopher W. Clark (2009). Exposure to seismic survey alters blue whale acoustic communication. *Biology Letters*, vol. 6, No. 1, pp. 51–54.
- Doksæter, Lise, and others (2012). Behavior of captive herring exposed to naval sonar transmissions (1.0–1.6 kHz) throughout a yearly cycle. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 131, No. 2, pp. 1632–1642.
- Dragoset, Bill (2000). Introduction to air guns and air-gun arrays. *The Leading Edge*, vol. 19, No. 8, pp. 892–897.

- Dyndo, Monika, and others (2015). Harbour porpoises react to low levels of high frequency vessel noise. *Scientific Reports*, vol. 5, p. 11083.
- Dziak, Robert P., and others (2015). Sources and Levels of Ambient Ocean Sound near the Antarctic Peninsula. *PLOS ONE*, vol. 10, No. 4, pp. 1–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123425>.
- Eguíluz, Victor M., and others (2016). A quantitative assessment of Arctic shipping in 2010–2014. *Scientific Reports*, vol. 6, No. 1, p. 30682. <https://doi.org/10.1038/srep30682>.
- Ehizuelen, Michael Mitchell Omoruyi (2017). More African countries on the route: the positive and negative impacts of the Belt and Road Initiative. *Transnational Corporations Review*, vol. 9, No. 4, pp. 341–359.
- Erbe, Christine (2002). Underwater noise of whale-watching boats and potential effects on killer whales (*Orcinus orca*), based on an acoustic impact model. *Marine Mammal Science*, vol. 18, No. 2, pp. 394–418.
- _____ (2013). Underwater noise of small personal watercraft (jet skis). *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 133, No. 4, pp. EL326–EL330.
- Fernández, Antonio, and others (2005). “Gas and fat embolic syndrome” involving a mass stranding of beaked whales (Family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. *Veterinary Pathology*, vol. 42, No. 4, pp. 446–457.
- Fields, David M., and others (2019). Airgun blasts used in marine seismic surveys have limited effects on mortality, and no sublethal effects on behaviour or gene expression, in the copepod *Calanus finmarchicus*. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 76, No. 7, pp. 2033–44. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz126>.
- Frisk, George V. (2012). Noiseconomics: The relationship between ambient noise levels in the sea and global economic trends. *Scientific Reports*, vol. 2, p. 437.
- Gassmann, Martin, and others (2017). Deep-water measurements of container ship radiated noise signatures and directionality. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 142, No. 3, pp. 1563–1574.
- Gedamke, Jason, and others (2016). *Ocean Noise Strategy Roadmap*. Washington, D.C.: National Oceanographic and Atmospheric Administration.
- GeoTomo (2018). Seismic Crew Count – World seismic crew summary: May 2018. <https://geotomo.com/seismicCrewCount.dmx>.
- Gill, Jennifer A., and others (2001). Why behavioural responses may not reflect the population consequences of human disturbance. *Biological Conservation*, vol. 97, No. 2, pp. 265–268.
- Global Ocean Observing System (GOOS) (2020). Essential Ocean Variables. www.goosoocean.org/index.php?option=com_content&view=article&id=170&Itemid=114.
- Goldbogen, Jeremy A., and others (2013). Blue whales respond to simulated mid-frequency military sonar. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 280, No. 1765, p. 20130657.
- Gontz, A.M., and others (2006). Shallow-water seismic surveys-how much noise are we introducing into the ocean? In *OCEANS 2006*, pp. 1–5. IEEE.
- Greene, C.R. (1985). Characteristics of waterborne industrial noise, 1980-1984. In *Behavior, Disturbance Responses, and Distribution of Bowhead Whales *Balaena mysticetus* in the Eastern Beaufort Sea, 1980–84*, W.J. Richardson, ed., pp. 197–253. OCS Study MMS 85-0034, LGL Ecological Research Associates, Bryan, Texas, United States, for U.S. Minerals Management Service, Reston, Virginia, United States, NTIS PB87-124376.
- Guerra, A., and others (2004). A review of the records of giant squid in the north-eastern Atlantic and severe injuries in *Architeuthis dux* stranded after acoustic explorations. *ICES CM*, vol. 200, p. 29.
- Haver, Samara M., and others (2017). The not-so-silent world: Measuring Arctic, Equatorial, and Antarctic soundscapes in the Atlantic Ocean. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 122, pp. 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2017.03.002>.

- Heenehan, Heather, and others (2019). Caribbean Sea soundscapes: monitoring humpback whales, biological sounds, geological events and anthropogenic impacts of vessel noise. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 347.
- Herbert-Read, James E., and others (2017). Anthropogenic noise pollution from pile-driving disrupts the structure and dynamics of fish shoals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 284, No.1863, p. 20171627.
- Hildebrand, John A. (2009). Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 395, pp. 5–20.
- Hirst, Andrew G., and Paul G. Rodhouse (2000). Impacts of geophysical seismic surveying on fishing success. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 10, No. 1, pp. 113–118.
- Ho, Joshua (2010). The implications of Arctic sea ice decline on shipping. *Marine Policy*, vol. 34, No. 3, pp. 713–715.
- Holt, Marla M., and others (2009). Speaking up: Killer whales (*Orcinus orca*) increase their call amplitude in response to vessel noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 125, No. 1, pp. EL27–EL32.
- International Organization for Standardization (ISO) (2016). *ISO 17208-1:2016, I. Underwater Acoustics – Quantities and Procedures for Description and Measurement of Underwater Sound from Ships – Part 1: Requirements for Precision Measurements in Deep Water Used for Comparison Purposes*. Geneva.
- Jensen, Finn B., and others (2011). *Computational Ocean Acoustics*. New York: Springer.
- Jones, Ian T., and others (2020). Impulsive pile driving noise elicits alarm responses in squid (*Doryteuthis pealeii*). *Marine Pollution Bulletin*, vol. 150, 110792. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110792>.
- King, Stephanie L., and others (2015). An interim framework for assessing the population consequences of disturbance. *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 6, No. 10, pp. 1150–1158.
- Klinck, Holger, and others (2012). Seasonal presence of cetaceans and ambient noise levels in polar waters of the North Atlantic. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 132, No. 3, EL176–EL181.
- Lee, Kevin M., and others (2012). Mitigation of low-frequency underwater anthropogenic noise using stationary encapsulated gas bubbles. In *Proceedings of Meetings on Acoustics ECUA2012*, 17: p.070011. ASA.
- Li, Aitong, and Yuan Xu (2019). The governance for offshore wind in Japan. *Energy Procedia*, vol. 158, pp. 297–301. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.092>.
- Løkkeborg, Svein (1991). Effects of a geophysical survey on catching success in longline fishing.
- Løkkeborg, Svein, and others (2012). Sounds from seismic air guns: gear-and species-specific effects on catch rates and fish distribution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 69, No. 8, pp. 1278–1291.
- Madsen, Peter T., and others (2006). Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 309, pp. 279–295.
- Maglio, Alessio, and others (2016). Overview of the noise hotspots in the ACCOBAMS area. *Final Report to the ACCOBAMS Secretariat*.
- McCauley, Robert D., and others (2017). Widely used marine seismic survey air gun operations negatively impact zooplankton. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 1, No. 7, art. 0195.
- McDonald, Mark A., and others (2008). A 50 year comparison of ambient ocean noise near San Clemente Island: A bathymetrically complex coastal region off Southern California. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 124, No. 4, pp. 1985–1992.
- McDonald, Mark A., and others (2006). Increases in deep ocean ambient noise in the Northeast Pacific west of San Nicolas Island, California. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 120, No. 2, pp. 711–718.

- McKenna, Megan F., and others (2013). Relationship between container ship underwater noise levels and ship design, operational and oceanographic conditions. *Scientific Reports*, vol. 3, p. 1760.
- McQueen, Andrew D., and others (2020). Ecological risk assessment of underwater sounds from dredging operations. *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 16, No. 4, pp. 481–493.
- Merchant, Nathan D., and others (2012). Assessing sound exposure from shipping in coastal waters using a single hydrophone and Automatic Identification System (AIS) data. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, No. 7, pp. 1320–1329.
- Miksis-Olds, Jennifer L., and Stephen M. Nichols (2016). Is low frequency ocean sound increasing globally? *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 139, No. 1, pp. 501–11. <https://doi.org/10.1121/1.4938237>.
- Miller, James H., and others (2017). Overview of underwater acoustic and seismic measurements of the construction and operation of the Block Island Wind Farm. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 141, No. 5, p. 3993.
- Miller, Kathryn A., and others (2018). An overview of seabed mining including the current state of development, environmental impacts, and knowledge gaps. *Frontiers in Marine Science*, vol. 4, art. 418.
- Miller, Patrick J.O., and others (2000). Whale songs lengthen in response to sonar. *Nature*, vol. 405, No. 6789, p. 903.
- Moretti, David, and others (2014). A risk function for behavioral disruption of Blainville's beaked whales (*Mesoplodon densirostris*) from mid-frequency active sonar. *PloS One*, vol. 9, No. 1, e85064.
- Mueller-Blenkle, Christina, and others (2010). Effects of pile-driving noise on the behaviour of marine fish.
- National Academies (2017). *Approaches to Understanding the Cumulative Effects of Stressors on Marine Mammals*. The National Academies Press.
- National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) (2020). CetSound: Cetacean and sound mapping. <https://cetsound.noaa.gov/cetsound>.
- National Research Council (NRC) (2003). *Ocean Noise and Marine Mammals*. Washington, D.C.: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10564>.
- Nedwell, J., and D. Howell (2004). A review of offshore windfarm related underwater noise sources. *Cowrie Report*, vol. 544, pp. 1–57.
- Nedwell, J.R., and others (2008). Modelling and measurement of underwater noise associated with the proposed Port of Southampton capital dredge and redevelopment of berths 201/202 and assessment of the disturbance to salmon. *Subacoustech Report*, 805R0444.
- Nichols, Tye A., and others (2015). Intermittent noise induces physiological stress in a coastal marine fish. *PLoS One*, vol. 10, No. 9, e0139157.
- Nieukirk, Sharon L., and others (2004). Low-frequency whale and seismic airgun sounds recorded in the mid-Atlantic Ocean. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 115, No. 4, pp. 1832–1843.
- Norro, A., and others (2011). Characterisation of the operational noise generated by offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. In *Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea. Selected Findings from the Baseline and Targeted Monitoring*, S. Degraer, Robin Brabant, and B. Rumes, eds., pp. 17–26. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit.
- Nunatsiaq News (2016). Trudeau bans future oil, gas activity in Canadian Arctic. https://nunatsiaq.com/stories/article/65674trudeau_bans_future_oil_gas_activity_in_canadian_arctic.
- Parks, Susan E., and others (2010). Individual right whales call louder in increased environmental noise. *Biology Letters*, vol. 7, No. 1, pp. 33–35.

- Paumard, Victorien, and others (2019). Imaging past depositional environments of the North West Shelf of Australia: lessons from 3D seismic data. In *Sedimentary Basins of Western Australia V: Proceedings of the Petroleum Exploration Society of Australia Symposium*, Perth, Western Australia, 2019, Myra Keep and Steven J. Moss, eds. Petroleum Exploration Society of Australia.
- Pearson, Walter H., and others (1994). Effects of seismic energy releases on the survival and development of zoeal larvae of Dungeness crab (*Cancer magister*). *Marine Environmental Research*, vol. 38, No. 2, pp. 93–113.
- Pine, Matthew K., and others (2012). Turbine sound may influence the metamorphosis behaviour of estuarine crab megalopae. *PLoS One*, vol. 7, No. 12. e51790.
- Pirotta, Enrico, and others (2018). Understanding the population consequences of disturbance. *Ecology and Evolution*, vol. 8, No. 19, pp. 9934–46. <https://doi.org/10.1002/ece3.4458>.
- Popper, Arthur N., and Anthony D. Hawkins (2019). An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes. *Journal of Fish Biology*, vol. 94, No. 5, pp. 692–713.
- Prideaux, G., (2017). Technical Support Information to the CMS Family Guidelines on Environmental Impact Assessments for Marine Noise-generating Activities, Convention on Migratory Species of Wild Animals, Bonn.
- Putland, Rosalyn L., and others (2018). Vessel noise cuts down communication space for vocalizing fish and marine mammals. *Global Change Biology*, vol. 24, No. 4, pp. 1708–1721.
- Reine, Kevin J., and others (2012). Characterization of underwater sounds produced by a hydraulic cutterhead dredge fracturing limestone rock. DOER Technical Notes Collection—erdctn-doer-e34. Vicksburg, Mississippi, United States: U.S. Army Engineer Research and Development Center.
- Richardson, W. John, and others (1995). *Marine Mammals and Noise*. San Diego: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-057303-8.50003-3>.
- Roberts, Louise, and others (2015). Sensitivity of the mussel *Mytilus edulis* to substrate-borne vibration in relation to anthropogenically generated noise. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 538, pp. 185–195.
- Robinson, Stephen P., and others (2011). Measurement of underwater noise arising from marine aggregate dredging operations.
- Rolland, Rosalind M., and others (2012). Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 279, No. 1737, pp. 2363–2368.
- Ross, Donald (1976). *Mechanics of Underwater Noise / Donald Ross*. New York: Pergamon Press.
- _____ (2005). Ship sources of ambient noise. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, vol. 30, No. 2, pp. 257–261.
- Roth, Ethan H., and others (2012). Underwater ambient noise on the Chukchi Sea continental slope from 2006–2009. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 131, No. 1, pp. 104–110.
- Roul, Soubhagya, and others (2019). Ambient noise estimation in territorial waters using AIS data. *Applied Acoustics*, vol. 148, pp. 375–380. <http://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.07.036>.
- Rustemeier, J., and others (2011). Testing of bubble curtains to mitigate hydro sound levels at offshore construction sites (2007 to 2011). www.rave-offshore.de/files/downloads/konferenz/konferenz-2012/Session4/4.4_Grieszmann.pdf.
- Rusu, E. (2020). An evaluation of the wind energy dynamics in the Baltic Sea, past and future projections. *Renewable Energy*, vol. 160, pp. 350–362.
- Samuel, Y., and others (2005). Underwater, low-frequency noise in a coastal sea turtle habitat. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 117, No. 3, pp. 1465–1472.
- Sánchez, Rodolfo A., and Ricardo Roura (2016). Supervision of Antarctic shipborne tourism: a pending issue? In *Tourism in Antarctica: A Multidisciplinary View of New Activities Carried Out on the White Continent*,

- Monika Schillat and others, eds., pp. 41–63. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39914-0_3.
- Sertlek, Hüseyin Özkan, and others (2019). Source specific sound mapping: spatial, temporal and spectral distribution of sound in the Dutch North Sea. *Environmental Pollution*, vol. 247, pp. 1143–1157.
- Shannon, Graeme, and others (2016). A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. *Biological Reviews*, vol. 91, No. 4, pp. 982–1005.
- Shell (2015). Shell updates on Alaska exploration. www.shell.com/media/news-and-media-releases/2015/shell-updates-on-alaska-exploration.html.
- Simpson, Stephen D., and others (2008). Settlement-stage coral reef fishes prefer the higher frequency audible component of reef noise. *Animal Behaviour*, vol. 75, pp. 1861–1868. [10.1016/j.anbehav.2007.11.004](https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.11.004).
- Simpson, Stephen D., and others (2016a). Anthropogenic noise increases fish mortality by predation. *Nature Communications*, vol. 7, art. 10544.
- Simpson, Stephen D., and others (2016b). Small-boat noise impacts natural settlement behavior of coral reef fish larvae. In *The Effects of Noise on Aquatic Life II*, pp. 1041–1048. Springer.
- Širović, Ana, and others (2013). Ocean noise in the tropical and subtropical Pacific Ocean. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 134, No. 4, pp. 2681–89. <https://doi.org/10.1121/1.4820884>.
- Širović, Ana, and others (2016). Ocean ambient sound south of Bermuda and Panama Canal traffic. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 139, No. 5, pp. 2417–2423.
- Sivle, Lise Doksæter, and others (2012). Changes in dive behavior during naval sonar exposure in killer whales, long-finned pilot whales, and sperm whales. *Frontiers in Physiology*, vol. 3, art. 400.
- Smith, Laurence C., and Scott R. Stephenson (2013). New Trans-Arctic shipping routes navigable by midcentury. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, No. 13, pp. E1191–E1195. <https://doi.org/10.1073/pnas.1214212110>.
- Spiga, Ilaria, and others (2016). Influence of pile driving on the clearance rate of the blue mussel, *Mytilus edulis* (L.). In *Proceedings of Meetings on Acoustics 4ENAL*, vol. 27: p.040005. ASA.
- Thompson, Kirsten F., and others (2018). Seabed mining and approaches to governance of the deep seabed. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 480.
- Tournadre, J. (2014). Anthropogenic pressure on the open ocean: The growth of ship traffic revealed by altimeter data analysis. *Geophysical Research Letters*, vol. 41, No.22, pp. 7924–32. <https://doi.org/10.1002/2014GL061786>.
- Tsuji, Koki, and others (2018). Change in singing behavior of humpback whales caused by shipping noise. *PLoS One*, vol. 13, No. 10. e0204112.
- Turner, Stephen, and others (2006). Preliminary acoustic level measurements of airgun sources from Conoco Phillips' 2006 seismic survey in Alaskan Chukchi Sea. *JASCO Research, Victoria, British Columbia, Canada*.
- Tyack, Peter L., and others (2011). Beaked whales respond to simulated and actual navy sonar. *PLoS One*, vol. 6, No. 3. e17009.
- United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2018) = Конференция Организации Объединенных Наций по торговле и развитию (ЮНКТАД). *Обзор морского транспорта: 2018 год*. UNCTAD/RMT/2018. Организация Объединенных Наций, Нью-Йорк.
- United States Energy Information Administration (USEIA) (2020). Maximum U.S. Active Seismic Crew Counts. www.eia.gov/dnav/pet/pet_crd_seis_s1_m.htm.
- Urosevic, M., and others (2019). Seismic Exploration of Mineral Resources in Western Australia with Distributed Acoustic Sensing, vol. 2019, No. 1, pp. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902377>.

- Vettor, Roberto, and C. Guedes Soares (2015). Detection and Analysis of the Main Routes of Voluntary Observing Ships in the North Atlantic. *Journal of Navigation*, vol. 68, No. 2, pp. 397–410. <https://doi.org/10.1017/S0373463314000757>.
- Weilgart, Lindy S. (2018). The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates. Report for OceanCare, Switzerland. www.oceancare.org/wp-content/uploads/2017/10/OceanNoise_FishInvertebrates_May2018.pdf.
- Wenz, Gordon M. (1962). The Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Sources. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 34, No. 12, pp. 1936–56. <https://doi.org/10.1121/1.1909155>.
- Wiggins, Sean M., and others (2016). Gulf of Mexico low-frequency ocean soundscape impacted by airguns. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 140, No. 1, pp. 176–183.
- Würsig, B., and others (2000). Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. *Marine Environmental Research*, vol. 49, No. 1, pp. 79–93.
- Xu, W., and others (2020). Proliferation of offshore wind farms in the North Sea and surrounding waters revealed by satellite image time series. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 133, p. 110167.
- Yang, Chun-Mei, and others (2018). Observation and comparison of tower vibration and underwater noise from offshore operational wind turbines in the East China Sea Bridge of Shanghai. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 144, No. 6, EL522.

Глава 21

Сдвиги

в области

возобновляемых

источников

энергии

Участники: Таквор Сукисян (координатор), Джоан Бондарефф, Георгис Вугиукалакис, Карлос Гарсия-Сото (соведущий участник), Ларс Гольмен, Амардип Дханджу, Осман Ке Камара (соведущий участник), Вэлери Камминс, Эрик Мванги Нджороге, Джимми Мерфи и Анастасия Страти (ведущий участник).

Ключевые тезисы

- Сектор шельфовой ветроэнергетики расширяется во всем мире и распространяется в регионы, в которых в настоящее время нет промышленных (сетевых) установок. Использование плавучих платформ стало серьезным прорывом, позволившим задействовать в этой отрасли большие площади в более глубоководных районах.
- В 2019 году мощность установленных по всему миру объектов шельфовой ветроэнергетики составляла 28,3 гигаватта (ГВт): 22 ГВт – у берегов Европы, в основном в Северном море, 5,9 ГВт – у берегов Китая и 0,4 ГВт – на других рынках.
- В следующем десятилетии Азия и Соединенные Штаты могут стать основными движущими силами разработки и сооружения объектов шельфовой ветроэнергетики.
- Проекты в области волновой энергетики и энергетики океанских течений еще не достигли полной коммерциализации в промышленных масштабах, а проекты в области приливной энергетики по-прежнему редки.
- Прогресс в области хранения энергии мог бы внести значительный вклад в развитие шельфовой ветроэнергетики и других технологий в области морской возобновляемой энергетики (МВЭ).
- Правильное расположение объектов МВЭ могло бы свести к минимуму конфликты с другими направлениями использования океана и потенциальное воздействие на морскую среду.

1. Введение

В настоящей главе рассматривается совершенствование знаний и потенциала в последние годы в различных отраслях морской возобновляемой энергетики (МВЭ) на глобальном уровне. Для целей настоящей главы МВЭ как категория включает шельфовую ветроэнергетику, приливную, волновую и осмотическую энергетику, океанскую теплоэнергетику, энергетику океанских течений и морской биомассы, а также шельфовую гелиоэнергетику и геотермальную энергетику. Данная глава связана с главами 6F, 8A, 9, 19, 20, 26, 27 и 28 настоящей «Оценки».

1.1. Изменение климата и проблема чистой энергии

На использование ископаемых видов топлива приходится значительная доля глобальных антропогенных выбросов парниковых газов. В 2019 году глобальное энергопотребление увеличилось на 0,6 процента¹, а общий объем связанных с энергетикой выбросов двуокси углерода (CO₂) сократился на 3,2 процента (International Energy Agency (IEA), 2020). Вместе с тем среднее глобальное содержание CO₂ в атмосфере составило 409,8 части на миллион, что яв-

ляется самым высоким уровнем за 800 000 лет (Dlugokencky and Tans, 2020), в то время как среднемировая температура была примерно на 1,1 °C (со стандартной погрешностью 0,1 °C) выше доиндустриальных уровней (World Meteorological Organization (WMO), 2020).

С учетом нынешнего уровня выбросов парниковых газов весьма вероятно, что согласованные пороговые значения температуры, превышающие доиндустриальные уровни на 1,5 °C или 2 °C, будут превышены. Как четко отмечается в специальном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата о глобальном потеплении на 1,5 °C (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018), для того чтобы глобальное потепление не превышало 1,5 °C, к 2030 году глобальные чистые антропогенные выбросы CO₂ должны сократиться примерно на 45 процентов по сравнению с уровнями 2010 года, а приблизительно к 2050 году они должны достичь чистого нулевого прироста. Это означает, что любые оставшиеся выбросы необходимо будет уравновешивать путем удаления CO₂ из воздуха. Поэтому сокращение выбросов парниковых газов является важным шагом на пути к смягчению

¹ Enerdata, «Потребление», Статистический Ежегодник мировой энергетики 2020. URL: <https://yearbook.enerdata.ru/total-energy/world-consumption-statistics.html>.

последствий изменения климата. Для продвижения в этом направлении многие государства принимают меры по расширению освоения возобновляемых источников энергии, в частности морской возобновляемой энергии, для достижения национальных целей в области чистой энер-

гии и изменения климата. МВЭ также связана с целью 7 в области устойчивого развития, в рамках которой доступная и экологически чистая энергетика признается в качестве одной из основных движущих сил развития².

2. Состояние морской возобновляемой энергетики на глобальном уровне

2.1. Совершенствование знаний и потенциала в период 2010–2020 годов

Океан может стать одним из основных источников возобновляемой энергии. В дополнение к смягчению последствий изменения климата МВЭ может способствовать социально-экономическому развитию, энергетической безопасности и доступу к источникам энергии в отдаленных прибрежных регионах (Edenhofer and others, 2011). В 2019 году мощность установленных по всему миру объектов шельфовой ветроэнергетики увеличилась на 4,7 ГВт, что на 19,8 процента больше по сравнению с 2018 годом, и составила в общей сложности 28,3 ГВт. Мощность установленных по всему миру объектов других видов МВЭ достигла 531 мегаватта (МВт), 90 процентов которых приходится на две приливные плотины во Франции и Республике Корея (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020a).

Различные типы технологий МВЭ эволюционируют и развиваются разными темпами: технология расположения объектов шельфовой ветроэнергетики на фиксированных фундаментах выделяется своей зрелостью и технической продвинутой, технологии в области шельфовой ветроэнергетики, связанные с плавучими комплексами, близки к коммерциализации, создание преобразователей приливной энергии вышло на коммерческую стадию, тогда как другие технологии МВЭ находятся сейчас на этапе разработки³. К числу развивающихся рынков

шельфовой ветроэнергетики относятся Индия, Республика Корея, Соединенные Штаты и Япония⁴. Произошло значительное увеличение номинальной мощности ветряных турбин; ожидается, что в 2021 году на рынке появятся турбины мощностью до 12 МВт⁵.

2.2. Успехи, достигнутые в регионах

2.2.1. Шельфовая ветроэнергетика

Глобальный технический потенциал шельфовой ветроэнергетики оценивается Международным энергетическим агентством (в сотрудничестве с Имперским колледжем Лондона) в более чем 120 000 ГВт (IEA, 2019). Доминирует в этом секторе Европа, где общая мощность в 2019 году составила 21,98 ГВт. Основными странами, развивающими шельфовую ветроэнергетику, являются Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии (1,7 ГВт от объектов, установленных в 2019 году, и 9,9 ГВт в общей сложности), Германия (1,1 ГВт от объектов, установленных в 2019 году, и 7,5 ГВт в общей сложности) и Китай (1,3 ГВт от объектов, установленных в 2019 году, и 5,9 ГВт в общей сложности) (IRENA, 2020a).

В этом секторе произошли значительные изменения. В 2020 году было завершено строительство крупнейшей в мире морской ветряной электростанции – проекта «Хорнси-1» в Соединенном Королевстве с установленной мощностью 1,2 ГВт. В 2019 году прототип «Haliade-X 12 MW», разра-

² См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

³ См. European Commission, “New technologies in the ocean energy sector”, 29 October 2018.

⁴ См. Global Wind Energy Council, “The growth of the global offshore wind market will be driven by Asia”, 23 September 2019.

⁵ См. GE, “GE Renewable Energy unveils the first Haliade-X 12 MW, the world’s most powerful offshore wind turbine”, 22 July 2019.

ботанный американским производителем ветряных турбин GE, стал самой большой построенной ветряной турбиной за всю историю. Поскольку размеры как морских ветряных турбин, так и морских ветряных электростанций продолжают увеличиваться, все более актуальными становятся опасения по поводу потенциального воздействия на окружающую среду, воздействия на рыболовство и вопросов, связанных с использованием человеком районов, расположенных вблизи или внутри ветряных электростанций.

Промышленные проекты в области шельфовой ветроэнергетики, реализуемые в различных морских средах, оказываются жизнеспособными как в техническом, так и в экономическом отношении. С 2010 года глобальная средневзвешенная нормированная стоимость электроэнергии (НСЭ)⁶ в промышленных проектах снизилась на 28,6 процента, что послужило толчком для сооружения объектов по всему миру (IRENA, 2020b).

Кроме того, по оценкам сектора, к 2030 году могут быть достигнуты значения НСЭ порядка 50 евро за МВт/ч⁷. Основными факторами снижения затрат являются использование более крупных и эффективных турбин на более масштабных морских ветряных электростанциях, снижение капитальных затрат на финансирование проектов, а также уверенность в целом ряде проектов, сделавшая возможным инвестирование и внедрение инноваций в рамках цепочки поставок. Стационарные платформы пригодны в тех случаях, когда глубина не превышает 60 м, однако в течение следующего десятилетия планируется также развивать эту отрасль в более глубоководных районах с помощью использования плавучих платформ. Многие прибрежные страны мира рассматривают плавучую ветроэнергетику как один из основных факторов, которые будут способствовать достижению целевых показателей в области производства энергии из возобновляе-

Первая в мире коммерческая ветряная электростанция, состоящая из плавучих ветряных турбин



Фото: Эйвинн Гравос/«Вольдкам»; изображение представлено компанией «Эквинор».

⁶ Нормированная стоимость электроэнергии представляет собой текущее значение средней минимальной цены произведенной электроэнергии, необходимой для компенсации общих затрат на ее производство (затрат на строительство, эксплуатацию, техническое обслуживание и топливо). Она рассчитывается с учетом жизненного цикла электростанции.

⁷ См. также Kerry Chamberlain, "Offshore wind opex set to fall 40% by 2030 as suppliers dig deep", Reuters Events, 25 October 2017.

мых источников. Первая в мире промышленная плавучая морская ветряная электростанция начала производить электроэнергию в 2017 году (у побережья Питерхеда, Шотландия, Соединенное Королевство) с использованием концепции «Хайвинд», разработанной норвежской компанией «Эквинор» (Musial and others, 2019; см. рисунок выше). Это стало важной вехой для шельфовой ветроэнергетики в процессе разработки проектов в более глубоководных и отдаленных от берега районах.

Благодаря успешному снижению затрат на установку объектов шельфовой ветроэнергетики и производство ими электроэнергии, а также накопленному опыту в области наземной ветроэнергетики шельфовая ветроэнергетика стала ведущим направлением МВЭ.

2.2.2. Приливная энергетика и энергетика океанских течений

Мощность установленных по всему миру объектов приливной энергетики (совокупный теоретический ресурс амплитуды прилива и приливного течения) оценивается в 3 тераватта (ТВт) (Lewis and others, 2011; Scottish Enterprise, 2018), а мировой потенциал океанских течений оценивается в 450 ГВт⁸. Для использования энергии приливного течения требуется скорость потока, превышающая 2,0 м/с (Encarnacion and others, 2019). Эффект воронки, наблюдаемый в заливах, эстуариях и фиордах, может обеспечить надежный энергоресурс, в основе которого лежат приливы или течения. Такие места, как залив Фанди в Канаде, пролив Кука в Новой Зеландии и пролив Пентленд-Ферт в Шотландии, известны своим значительным потенциалом и весьма привлекательны для использования. В ранних коммерческих разработках, таких как приливная электростанция «Ля-Ранс» мощностью 240 МВт во Франции и приливная электростанция «Сихва Лейк» мощностью 254 МВт в Республике Корея, энергия приливов использовалась при помощи строительства плотин.

Хотя были предложены различные приливные проекты, в частности на западном побережье Соединенного Королевства, строительство продвигается медленно, главным образом потому, что приливные плотины могут влиять на экосистемы и качество воды (Kadiri and others, 2012). Еще одним сдерживающим фактором являются очень высокие капитальные затраты. В связи с этим приливная энергетика сосредоточена в основном на получении энергии из быстрых приливных течений с помощью приливных турбин с горизонтальной осью, которые раньше устанавливались поодиночке в виде прототипов, а теперь составляют небольшие электростанции (Encarnacion and others, 2019). Программа экологического мониторинга, реализованная при установке первого крупномасштабного коммерческого приливного генератора (Сиджен), стала «дорожной картой» для будущих приливных проектов (Savidge and others, 2014). Первая подключенная к сети приливная электростанция с тремя турбинами мощностью 100 кВт успешно работает на Шетландских островах с 2016 года⁹, в то время как проект МейДжен, также расположенный в Шотландии, представляет собой крупнейшую из построенных на данный момент приливных электростанций и имеет мощность 6 МВт¹⁰. Однако с 2016 года развитие этой отрасли в значительной степени замедлилось, в частности в Соединенном Королевстве. Кроме того, громкий провал «ОупенХайдро» вызвал в отношении данной отрасли значительный негативный резонанс¹¹. По состоянию на 2020 год в приливной энергетике еще только предстоит совершить большой скачок в направлении реализации промышленных проектов.

2.2.3. Волновая энергетика

Теоретический мировой ресурс энергии волн оценивается в 2,11 ТВт, и объекты со значениями около 30 кВт/м (или даже ниже) обычно считаются экономически рентабельными для получения энергии волн, в зависимости от техно-

⁸ См. Ocean Energy Council, "Ocean Current Energy". URL: <https://www.oceanenergycouncil.com/ocean-energy/ocean-current-energy/>.

⁹ См. Yasmin Ali, "World's first grid connected baseload tidal power station", Microgrid Knowledge, 27 November 2018.

¹⁰ См. Simec Atlantis Energy, "MeyGen".

¹¹ См. Offshore Energy, "OpenHydro another casualty of innovation 'valley of death', EMEC says", 27 July 2018.

логии (Sandberg and others, 2016). Районы с наибольшим ресурсом энергии волн находятся между широтами 40° и 60° (Gunn and Stock-Williams, 2012). Например, на объектах волновой энергетики, расположенных у побережья Ирландии, среднегодовой уровень плотности энерговыделения составляет более 80 кВт/м.

По состоянию на 2019 год этот сектор все еще не был близок к коммерциализации, но был достигнут прогресс в оценке трудностей, связанных с получением энергии волн по разумной цене. Существенными проблемами являются неблагоприятные условия, в которых преобразователи энергии волн производят электроэнергию, и необходимость разработки технологий, способных надежно работать в течение всего срока реализации коммерческого проекта. В настоящее время разрабатывается большое количество различных концепций и устройств преобразования энергии волн, однако такое разнообразие привело к отсутствию единства и целенаправленности внутри сектора в целом. Вместе с тем с 2015 года такие разработчики, как «Велло Ои»¹² и «СиБейсд»¹³, установили несколько полномасштабных преобразователей энергии волн, а на Гавайских островах будет установлено устройство преобразования энергии волн, разработанное компанией «Оушен Энерджи»¹⁴.

2.2.4. Энергетика градиента солености и температурного градиента

Энергия градиента солености зависит от разницы в солености масс морской воды и вырабатывается при смешивании пресной и соленой воды. Глобальные теоретические ресурсы оцениваются в диапазоне от 647 ГВт до 1183 ГВт (IRENA, 2014; Alvarez-Silva and others, 2016). Наиболее перспективными технологиями на сегодняшний день являются ограниченный давлением осмос и обращенный электродиализ (Schaetzle and Buisman, 2015). Технология ограниченного давлением осмоса была впервые ис-

пользована в 2009 году в Норвегии (Chae and Kim, 2018), а технология обращенного электродиализа была впервые применена в 2014 году на экспериментальной установке на юге Италии (Tedesco and others, 2017).

Энергия температурного градиента может быть получена из разницы температур между разными массами морской воды на разных глубинах (Rau and Baird, 2018). По оценкам, теоретический потенциал преобразования тепловой энергии океана (ОТЕС) варьируется от 1 до 3 ТВт или до 7 ТВт, если учитывать также опреснение (Scottish Enterprise, 2018). Минимальная требуемая разность температур между массами морской воды составляет порядка 20°C и наблюдается в районах, простирающихся между 30° северной широты и 30° южной широты (Breeze, 2019). Странами, наиболее активными в секторе преобразования тепловой энергии океана, являются Китай, Малайзия, Нидерланды, Оман, Республика Корея, Соединенные Штаты, Филиппины, Франция и Япония (Edenhofer and others, 2011; Lewis and others, 2011). Несколько проектов преобразования тепловой энергии океана находятся в стадии разработки или уже реализуются, включая береговую установку мощностью 100 кВт в Каилуа-Коне, Гавайские острова, Соединенные Штаты, которая была подключена к сети в 2015 году (Patel, 2015), береговой прототип, установленный в 2012 году в Реюньоне, Франция¹⁵, и установку мощностью 250 кВт, работающую на острове Кумедзима, Япония, с 2013 года¹⁶. Богатая нутриентами глубоководная вода может также использоваться для развития марикультуры и фермерской деятельности на суше, принося значительный дополнительный доход. Преобразование тепловой энергии океана и энергия волн и океанских течений являются источниками энергии, обладающими важным потенциалом для Африканского континента.

¹² См. <https://wello.eu/>.

¹³ См. <https://seabased.com/projects>.

¹⁴ См. Association of Energy Engineers, Hawaii Chapter, Blog Archives, "Navy's wave energy test site: Ocean energy deployment", 27 February 2020. URL: https://aeehawaii.org/blog///wave_article.

¹⁵ См. Ocean Energy Europe, "ОТЕС".

¹⁶ См. OTEC Okinawa, Renewable Energy for the Future, "Related projects". URL: <http://otecokinawa.com/en/Project/index.html>.

2.2.5. Энергетика морской биомассы

Энергетика морской биомассы предполагает использование морских водорослей и других пригодных органических веществ для производства биотоплива. Использование морской биомассы может позволить обойти многие из ограничений, связанных с производством энергии из наземной биомассы, включая конкуренцию с продовольственными культурами за сельскохозяйственные угодья и использование энергоемких удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве. Интерес к энергетике биомассы обусловлен также высокой продуктивностью морских экосистем по сравнению с экосистемами суши (Sheehan and others, 1998; Perlack and others, 2005) и универсальностью морской биомассы, которая может адаптироваться к самым разным условиям солености и освещенности.

Цикл производства морского биотоплива состоит из двух компонентов: непрерывное выращивание морской биомассы в достаточно больших масштабах в целях подпитки цикла производства биотоплива и преобразование морской биомассы в биотопливо. Одним из самых быстрорастущих организмов на Земле (до 60 см в сутки) считается макроцистис грушевидный¹⁷. В настоящее время у тихоокеанского побережья Соединенных Штатов предпринимаются шаги по разработке системы выращивания в открытом океане макроцистиса грушевидного, который затем может быть переработан в бионефть (Buck, 2019). Даже несмотря на то, что морская биомасса остается перспективным источником энергии, производство биотоплива из нее пока еще не достигло промышленного уровня. Кроме того, необходимы дальнейшие исследования по расчету углеродоемкости морского биотоплива с учетом, в частности, поглощения CO₂ при фотосинтезе в системе выращивания и соответствующих выбросов при сжигании биотоплива.

2.2.6. Новые виды морской возобновляемой энергетики

Новые виды МВЭ включают шельфовую гелиоэнергетику и геотермальную энергетику на дне океана. Шельфовая гелиоэнергетика находится на начальной стадии развития, но имеет значительный коммерческий потенциал (Wang and others, 2019). Геотермальная энергетика на дне океана, в отличие от технологии производства геотермальной энергии на суше, все еще находится на концептуальной стадии (Shnell, 2009; Shnell and others, 2015; Pedamallu and others, 2018).

Основу шельфовой гелиоэнергетики составляют плавучие гелиосистемы, спроектированные таким образом, чтобы выдерживать суровые природные условия на море¹⁸. Учитывая, что морская среда позволяет в полной мере использовать преимущества солнечного излучения в течение дня, шельфовая гелиоэнергетика представляется идеальным альтернативным направлением гелиоиндустрии. Хотя установка шельфовых гелиосистем обходится дороже, чем установка наземных гелиосистем, они обычно более эффективны, поскольку панели находятся в прямом контакте с морской водой, что сокращает тепловые потери и снижает температуру панелей (Trapani and Redón Santafé, 2015; Sahu and others, 2016; Ranjbaran and others, 2019; Spencer and others, 2019). Первая плавучая солнечная электростанция в морской среде была установлена в 2014 году на Мальдивских Островах¹⁹. В строительстве шельфовых солнечных электростанций заинтересованы Нидерланды, Объединенные Арабские Эмираты, Сингапур и Япония. Во многих других странах, включая Австралию, Бразилию, Индию, Китай, Республику Корея и Японию, плавучие солнечные электростанции во внутренних водоемах уже функционируют или находятся в стадии проектирования или рассмотрения (World Bank Group and others, 2019).

Использование геотермальной энергии в настоящее время ограничивается теми участками суши, где имеются геотермальные ресурсы (Tester and others, 2006; Saibi and others, 2013). Вместе с тем

¹⁷ См. Oceana, "Giant kelp".

¹⁸ См. Kosatka.Media, "High-wave offshore panels soon a reality", 22 July 2019.

¹⁹ См. Swimsol, "Recent Swimsol solar energy projects". URL: <https://swimsol.com/solar-projects-offshore-solarsea-and-rooftop/>.

огромное количество геотермальных ресурсов в сверхкритическом состоянии (жидкости при очень высокой температуре и давлении) находится на дне океана, например в срединно-океанических вулканических хребтах (Hiriart and Hernandez, 2010). К числу преимуществ шельфовой геотермальной энергетики относится использование морской воды в качестве неограниченной геотермальной жидкости и, благодаря ее низкой температуре, в качестве вечного конденсатора системы теплообменников (Banerjee and others, 2018). Морские геотермальные электростанции не нуждаются в сухопутной территории или расширении энергетического поля и, как выясняется при сравнении с наземными электростанциями, имеют потенциал для дальнейшего развития, хотя при существующей финансовой

базе они не являются прибыльными (Karason and others, 2013).

В рамках нынешних инициатив, таких как проект с вулканом Марсили в Италии и проект с гидротермальными жерлами в Калифорнийском заливе, энергия производится с использованием соответственно пара из подводного вулкана и из гидротермальных жерл. Дополнительные районы потенциальной шельфовой геотермальной разведки обнаружены в Индонезии и Исландии (Karason and others, 2013; Prabowo and others, 2017). В Нидерландах в рамках программы разведки ультраглубоких источников геотермальной энергии изучается рентабельность шельфовых геотермальных проектов в целях оценки дальнейших инвестиций (Heijnen and others, 2019).

3. Потенциальное воздействие освоения морских возобновляемых источников энергии на окружающую среду

Производство электроэнергии из морских возобновляемых источников может способствовать сокращению выбросов парниковых газов, уменьшению загрязнения воды и количества твердых частиц и отходов, а также смягчению последствий изменения климата. Вместе с тем, учитывая, что любое вмешательство человека в морскую среду неизбежно сказывается на окружающих биотических и абиотических системах, крайне важно смягчать или предотвращать потенциальное негативное воздействие и усиливать потенциальное позитивное воздействие, а оценки воздействия на окружающую среду являются неотъемлемой частью оценки таких воздействий (Mendoza and others, 2019). Масштабы и временные рамки экологических последствий зависят от размера и масштаба проекта, его местоположения и типа технологии МВЭ; например, исследования с помощью моделирования показали, что небольшие группы преобразователей энергии волн оказывают минимальное воздействие на физическую среду. Практическим способом оценки экологических последствий функционирования установки МВЭ для окружающей

среды является рассмотрение взаимодействия между факторами экологического стресса, порождаемыми установкой (например, риск столкновения или подводный шум), и рецепторами (т. е. элементами экосистемы, такими как морские птицы или морские млекопитающие). Ниже рассматриваются следующие рецепторы: бентические и пелагические среды обитания, рыба и рыболовство, морские птицы и летучие мыши, морские млекопитающие, а также океанографическая система и прибрежная морфология.

Поскольку проекты в области шельфовой ветроэнергетики реализуются с 1991 года, удалось накопить определенный опыт по части их воздействия на окружающую среду. Например, в бельгийской части Северного моря в 2008 году, когда были введены в эксплуатацию первые морские ветряные турбины, было начато осуществление обширной программы экологического мониторинга, и ежегодно, вплоть до 2019 года, публиковались отчеты с описанием их воздействия на окружающую среду²⁰. Вместе с тем воздействие других устройств МВЭ не

²⁰ См. Kelle Morau, "Offshore wind farms and the marine ecosystem: 10 years of monitoring", Royal Belgian Institute of Natural Sciences, 15 June 2020.

было детально изучено, поскольку количество действующих преобразователей энергии волн, приливных турбин и турбин, работающих за счет океанских течений, невелико; в результате в отношении этих устройств имеются лишь ограниченные исходные данные и данные за период после установки (Copping and Hemery, 2020). Обзоры воздействия установок МВЭ на окружающую среду можно найти в следующих источниках: Bray and others, 2016; Willsteed and others, 2017; International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2019; и Copping and Hemery, 2020.

3.1. Бентические и пелагические среды обитания

Подводная инфраструктура установок МВЭ, включая основания и якоря, швартовные системы и кабели, может воздействовать на бентические среды обитания (например, рифы, коралловые формации и луга морских трав) и пелагические среды обитания, вызывая изменения в их функциях и характеристиках. Такие изменения возникают в результате повреждения (например, при прокладке кабеля или размыве грунта вокруг оснований устройства и швартовной системы) и создания мест обитания (вследствие эффектов искусственного рифа и заповедника, а также биообрастания) (Copping and Hemery, 2020). Благодаря появлению твердого субстрата установленная инфраструктура играет важную роль в создании новых мест обитания (замене прежних или восстановлении поврежденных мест обитания), которые также могут привлечь на участок новые виды; этот вопрос следует учитывать в рамках конкретных хозяйственных задач в случае той или иной установки. Дополнительные косвенные последствия изложены в источнике Copping and Hemery, 2020.

Хотя, безусловно, необходимы дальнейшие исследования, правильно спроектированные искусственные рифы могут оказать на морскую среду положительное воздействие. Фундаменты ветряных турбин могут использоваться в качестве искусственных рифов, улучшать связь между охраняемыми морскими районами и обеспечивать устойчивую аквакультуру (Bishop and others, 2017; Voero and others, 2017; Roa-Ureta and others, 2019; Glarou and others, 2020). Более того, предполагаемые экологические преимущества неполного демонтажа морской ветряной электростанции

при ее выводе из эксплуатации значительны, поскольку оставшиеся опорные основания могут привести к увеличению биоразнообразия, создать рифовые местообитания и обеспечить защиту от донного траления (Topham and others, 2019).

Необходимы гораздо более широкие исследования взаимодействия плавучих объектов гелиоэнергетики и объектов геотермальной энергетики на дне океана с водной средой обитания. Плавучие солнечные панели, которые подвержены биообрастанию, могут иметь экологические последствия для видов, зависящих от солнечного излучения (включая кораллы, морские травы и ламинариевые леса), и вызывать изменения в биоразнообразии (Sahu and others, 2016; Pimentel Da Silva and Branco, 2018). Изменения в концентрации жидкости в результате использования объектов геотермальной энергетики на дне океана могут вызвать крупномасштабные экологические последствия, такие как утрата и деградация среды обитания (Pedamallu and others, 2018).

3.2. Рыба и рыболовство

Подводная инфраструктура установок МВЭ может представлять опасность столкновения для рыб. Такая опасность варьируется и зависит, в частности, от количества рыб, скорости потока воды и частоты вращения турбины. Вместе с тем до сих пор неизвестно, имели ли место фактические случаи столкновения рыб с подводными турбинами, и за такими случаями было бы трудно наблюдать. Следовательно, результаты столкновений, такие как травмы или смерть, неизвестны, и необходимо дальнейшее исследование сублетального и бесконтактного воздействия (Copping and Hemery, 2020). Кроме того, отсутствует соответствующая информация о поведении рыб в отношении подводных объектов МВЭ. Крупные морские животные, вероятно, столкнутся с проблемами запутывания (Taormina and others, 2018).

Подводные кабели передачи, соединяющие объекты МВЭ с наземными электроподстанциями, индуцируют электромагнитные поля. От таких полей могут страдать организмы, имеющие специальные электрорецепторы для целей ориентации, спаривания, навигации и охоты, такие как пластиножаберные, морские млекопитаю-

щие и беспозвоночные. Факторами, определяющими потенциальную уязвимость морских организмов к электромагнитным полям, являются: а) объем или количество электрического тока, протекающего по кабелю, б) конструкция кабеля и с) расстояние между морскими организмами и силовым кабелем (Snyder and others, 2019). Очевидно, что необходимо больше исследований, чтобы понять, вредны ли электромагнитные поля для тех немногих видов, которые могут их обнаружить. У Коппинга и Хемери (Copping and Hemery, 2020) отмечается, что предварительные данные указывают на то, что риск электромагнитных полей от небольшого количества устройств МВЭ может быть снят со счетов.

Наконец, необходимы дальнейшие исследования в отношении потенциального экологического взаимодействия МВЭ и рыболовства с учетом того, что на некоторых крупных рынках шельфовой ветроэнергетики, таких как Дания и Соединенное Королевство, разрешается коммерческое рыболовство в пределах морских ветряных электростанций. Что касается использования энергии морской биомассы, то следует учитывать потенциальное воздействие на рыболовство и опасности для охраняемых видов в связи с любым крупномасштабным производством макроводорослей (Langton and others, 2019).

3.3. Морские птицы и летучие мыши

Считается, что птицы подвергаются риску в результате развития МВЭ. Физическое наличие морских ветряных электростанций может представлять угрозу для морских птиц на уровне отдельных особей и популяции, в то время как масштаб воздействия определяется многочисленными факторами, включая виды птиц, характеристики и условия местности, а также сезонные колебания. К наиболее важным воздействиям относятся столкновения с птицами, как летальные, так и сублетальные, барьерные эффекты в отношении движения (в основном вытеснение с мест нагула), избегание, притяжение и утрата среды обитания. Диршке и др. (Dierschke and others, 2016) отмечают, что степень вытеснения или притяжения морских птиц вследствие работы морских ветряных электростанций остается неопределенной. В частности, аналитическое исследование 20 морских ветряных электростанций в европейских морях показало, что пове-

денческие реакции морских птиц варьируются от сильного избегания до сильного притяжения. Вместе с тем многие виды проявляли слабую поведенческую реакцию, в то время как некоторые виды использовали конструкции морских ветряных электростанций в качестве сухих мест для отдыха. Увеличение количества доступной пищи благодаря эффекту искусственного рифа, как представляется, оказывает важное влияние на несколько видов. Имеются также свидетельства того, что крупные птицы избегают морских ветряных турбин (Fox and Petersen, 2019). Тем не менее необходим долгосрочный мониторинг, чтобы заполнить пробелы в понимании того, как птицы, в том числе морские, ведут себя в районе ветряных турбин, и предоставить надежные оценки количества случаев столкновения птиц с такими турбинами. Правильное расположение и отключение турбин по требованию может снизить смертность птиц при эксплуатации морских ветряных электростанций (Marques and others, 2014; Best and Halpin, 2019).

Из-за ограниченного числа исследований, связанных с непосредственным взаимодействием ныряющих морских птиц с приливными турбинами, нет достаточных доказательств того, что такое взаимодействие будет иметь место или что приливные турбины нанесут вред отдельным морским птицам или популяциям. Самая последняя опубликованная информация о влиянии развития МВЭ на морских птиц представлена в источнике Copping and Hemery, 2020, а рекомендации — в источнике Isaksson and others, 2020.

Наконец, потенциальное воздействие морских ветряных электростанций на летучих мышей изучено слабо. Поскольку летучие мыши были замечены над морем, можно ожидать воздействие, аналогичное воздействию наземных ветряных электростанций (Arnett and others, 2016).

3.4. Морские млекопитающие

Хотя столкновения морских млекопитающих с движущимися частями устройств МВЭ (например, лопастями приливной турбины) не наблюдались, возможность таких столкновений и их последствия, которые до сих пор неизвестны, остаются активной областью исследований. Еще одной новой темой исследования является запутывание морских млекопитающих в швар-

товных тросах, кабелях и якорях. Риск травмирования и гибели морских млекопитающих в результате запутывания считается низким в случае отдельных устройств, однако сочетание результатов моделирования и наблюдений на местах улучшит оценку этого риска. Пробелы в знаниях и факторы неопределенности включают масштабирование риска столкновений с одной турбиной на комплекс турбин и перенос индивидуального риска столкновения на уровень популяции (Copping and Hemery, 2020).

Подводный шум, издаваемый работающими устройствами МВЭ, вряд ли может нанести акустическую травму морским животным, и маловероятно, что он вызовет изменения в их поведении. Вместе с тем подводный шум, производимый на этапе строительства установок МВЭ, может оказывать значительное воздействие. Например, подводный шум, производимый при забивке свай (в случае морских ветряных электростанций на фиксированных свайных фундаментах), может заглушать эхолокационные звуки, используемые некоторыми морскими млекопитающими для навигации, охоты и коммуникации, и потенциально может отрицательно повлиять на слух рыб и млекопитающих. Эти проблемы могут быть решены путем введения ограничений на забивку свай во время, например, миграции морских млекопитающих или посредством принятия мер по снижению уровня шума (Koschinski and Lüdemann, 2013). В этом отношении технологии в области ветроэнергетики, связанные с плавучими комплексами, и фиксированные фундаменты морских ветряных электростанций, не требующие забивки свай, такие как гравитационные и присосные фундаменты, выгодно отличаются от фиксированных свайных фундаментов. Дополнительные источники под-

водного шума включают увеличение интенсивности движения судов на этапах строительства и вывода из эксплуатации, вращение самой турбины, вытеснение жидкости лопастями турбины и такие операции, как подводные взрывы, отсыпка щебня и дноуглубительные работы.

3.5. Океанографическая система и прибрежная морфология

Развитие МВЭ, сопровождающееся строительством крупных электростанций, может привести к изменению физических процессов, обусловленных волнами, течениями и приливами. Результаты имитационного числового моделирования свидетельствуют о наличии изменений в циркуляции воды, высоте волн, скорости течения, солёности, переносе наносов и качестве воды внутри и вокруг районов установок МВЭ. До 2020 года на местах и в лабораториях было проведено мало исследований для количественной оценки воздействия устройств МВЭ. Изменение гидрографических условий и физическое наличие крупномасштабных установок МВЭ, особенно у берега, также могут влиять на соседние прибрежные районы, в том числе увеличивая риск наводнений (Cazenave and others, 2016; Soukissian and others, 2017).

В заключение следует отметить, что минимизация воздействия на окружающую среду при одновременном обеспечении производства энергии по конкурентоспособным ценам является необходимым условием успешной реализации проектов в области МВЭ. В связи с этим необходимо больше реальных данных и скоординированных исследований для получения полной картины воздействия на окружающую среду различных типов устройств МВЭ.

4. Социально-экономические выгоды и последствия использования морских возобновляемых источников энергии

4.1. Социально-экономические выгоды

МВЭ способна стимулировать региональное и местное экономическое развитие, обеспечивая доступ к надёжным источникам энергии

в прибрежных районах, на не связанных между собой островах и в островных государствах (Kuang and others, 2016). Наличие МВЭ в энергобалансе может снизить уязвимость к колебаниям цен на энергоносители и непостоянству их доступности.

4.1.1. Создание новых рабочих мест

Развитие МВЭ может обеспечить экономические возможности и занятость в прибрежных районах (Hoegh-Guldberg and others, 2019). Программа «Океанические энергетические системы»²¹ поставила перед собой следующую глобальную цель: к 2050 году достичь показателя МВЭ в 300 ГВт, не включая морские ветряные электростанции, что могло бы позволить сократить выбросы CO₂ на 5,2 млрд тонн к этому году и создать 680 000 рабочих мест непосредственно в данном секторе (Huckerby and others, 2016).

В 2018 году в секторах наземной и шельфовой ветроэнергетики было занято 1,16 млн человек (REN21, 2019). В 2019 году мировой сектор шельфовой ветроэнергетики получил инвестиции в размере 29,9 млрд долл. США, из которых наибольшую долю (14 млрд долл. США) получил Китай (Frankfurt School and UNEP Centre/BloombergNEF, 2020). Морские ветряные электростанции требуют большего количества рабочей силы, чем наземные ветряные электростанции, что может привести к оживлению экономики прибрежных сообществ (IRENA, 2019).

4.1.2. Взаимодействие с другими морскими секторами

Аквакультура и МВЭ могут стать синергетическими секторами. Объекты аквакультуры располагаются главным образом в районах с низкоэнергетическими условиями, поэтому установка МВЭ может обеспечить идеальную среду для развития аквакультуры в образуемой ею полосе заштитления. Многофункциональному совместному размещению объектов этих двух секторов (например, с использованием одной и той же инфраструктуры) могут также способствовать морское пространственное планирование (см. гл. 26), а также технический прогресс в проектировании более прочных рыбных садков, развитие технологий в области автоматизации, совершенствование швартовых систем и совместное использование выгод (когда комплекс объектов

МВЭ обеспечивает укрытие для рыболовных хозяйств).

Кроме того, заброшенные нефтяные и газовые платформы могут быть переоборудованы в производственно-складские объекты, на которых электроэнергия, поступающая с морских ветряных электростанций, преобразуется в водород и синтетический газ (Jerma and van Schot, 2016; см. также гл. 19). Синергетический эффект может возникнуть также при взаимодействии сектора МВЭ и других морских отраслей, таких как транспорт и эксплуатация, снабжение и производство, новые материалы и добыча полезных ископаемых (Huckerby and others, 2016) и усилия по обеспечению защиты береговой линии и охране морской среды (LiVecchi and others, 2019).

4.2. Потенциальные негативные социально-экономические последствия

Для внедрения МВЭ в качестве нового источника энергии в существенных масштабах требуется преодолеть значительные трудности. Помимо более высокой стоимости энергии в случае установок МВЭ по сравнению с наземными установками, необходимо также решить вопрос о социальной приемлемости. Установки МВЭ могут вызвать сильное сопротивление со стороны других морских секторов и местных прибрежных сообществ, которые неохотно делятся морским пространством (Dalton and others, 2015; Lange and others, 2018). К числу важных вопросов, возникающих в результате взаимодействия рыболовства и морских ветряных электростанций, относятся утрата рыбопромысловых участков и вытеснение, повреждение орудий лова, неадекватные схемы компенсации и необходимость более активного вовлечения рыбаков в процессы планирования (Gray and others, 2016). Установки МВЭ могут также вызывать беспокойство в секторе прибрежного туризма из-за потенциального нарушения пейзажа. В ходе исследований, проведенных на средиземноморском побережье Франции, а также в Северном Уэльсе, Соединенное Королевство,

²¹ Программа «Океанические энергетические системы» представляет собой межправительственное сотрудничество между странами, основанное в 2001 году и осуществляемое в рамках, установленных Международным энергетическим агентством. Она способствует развитию океанской энергетики во всем мире. См. <https://www.ocean-energy-systems.org/>.

и Новой Зеландии, было выявлено, что жители прибрежных районов выступают против морских ветряных электростанций и установок волновой энергетики, особенно в живописных местах (Devine-Wright and Howes, 2010; Westerberg and others, 2013; Brownlee and others, 2015). Когда установки МВЭ находятся вблизи существующих морских транспортных маршрутов, могут возникнуть также потенциальные конфликты в

отношении безопасного судоходства и эксплуатации морских судов.

В заключение следует отметить, что потенциальные экологические и социально-экономические риски подчеркивают важность широкого участия заинтересованных сторон, надежных оценок воздействия на окружающую среду и анализа рисков перед планированием и расположением объектов МВЭ.

5. Основные сохраняющиеся пробелы в знаниях и в формировании потенциала

5.1. Снижение затрат

Снижение затрат является наиболее важным вопросом, который предстоит решить отрасли МВЭ. Морские ветряные электростанции с фиксированным фундаментом на некоторых рынках могут приближаться к ценовому паритету с традиционными источниками производства электроэнергии; вместе с тем ни одна другая технология МВЭ не близка к тому, чтобы стать экономически рентабельной без дальнейших исследований и разработок, целенаправленных инноваций и значительных финансовых стимулов. Снижение затрат на МВЭ необходимо для привлечения инвесторов и содействия развитию этого сектора. Снижение затрат может быть достигнуто благодаря следующим факторам (SI Ocean, 2013; Smart and Noonan, 2018):

- **Масштаб и объем.** Использование более крупных устройств МВЭ и создание комплексов установок снижают затраты на производство и установку, в то время как увеличение масштабов производства устройств МВЭ снижает общую стоимость отдельных компонентов.
- **Опыт и накопление знаний.** Накопление знаний имеет большое значение для наращивания потенциала в области МВЭ и снижения соответствующих затрат. Новые знания, приобретенные благодаря опыту и обучению на практике, будут способствовать интеграции МВЭ в соответствующую политику государств. Обмен данными и информацией, опытом, результатами исследований и разработок и извлеченными уроками является важным фактором снижения затрат.

- **Инновации.** Целенаправленные инновации (на стадии исследования и разработки концепции МВЭ или в контексте реальных промышленных проектов в области МВЭ) позволят снизить затраты и повысить продуктивность и надежность устройств МВЭ.
- **Хранение энергии.** Точное краткосрочное прогнозирование и хранение энергии имеют отношение к вопросам перебоев в производстве электроэнергии и стохастических колебаний соответственно. Современные технологии хранения энергии включают электрохимические системы (например, батареи, топливные элементы и водородные накопители), аккумулирование электрической энергии (например, системы аккумулирования энергии на основе технологий суперконденсаторов и магнитные системы), механические системы (например, маховики и водяные насосы) и тепловые системы (Ould Amrouche and others, 2016; Olabi, 2017). Наиболее зрелыми из этих технологий и крупнейшими по масштабу являются насосные гидроэлектрические системы хранения энергии (см. также Wang and others, 2019).

5.2. Экологический мониторинг и меры по смягчению последствий

Экологический мониторинг морских организмов и гидрометеорологических (океанографических и метеорологических) условий имеет огромное значение для выявления и количественной оценки изменчивости морской среды в период проектирования до вывода из эксплуатации

установки МВЭ, в то время как картирование дна океана может в значительной степени способствовать правильному расположению установок МВЭ (Mulcan and others, 2015).

Установление экологического фона (например, картирование и определение характеристик морского дна, включая состав осадков и геологию мелких и глубоких слоев) и мониторинг биотических элементов необходимы для решения проблем, связанных с любым негативным воздействием соответствующей деятельности на биоразнообразие. В связи с этим для сбора исходных данных необходимо определить стандарты для анализа данных экологического мониторинга участков развития МВЭ и определить территорию, на которой может наблюдаться биологическое воздействие²². Необходимо также установить пороговые уровни, определить изменения в численности, разнообразии, распределении и поведении видов и скорректировать хозяйственные меры (Foley and others, 2015). При разработке процедур мониторинга следует учитывать используемые технологии МВЭ и факторы стресса, порождаемые в морской среде. Одним из дополнительных инструментов могут служить прогнозные модели, в идеале в сочетании с наблюдениями на месте.

Гидрометеорологические данные могут быть получены в результате измерений на месте и с помощью вычислительных моделей и приборов дистанционного зондирования. Необходимы долгосрочные данные для предварительной оценки имеющихся ресурсов МВЭ и гидрометеорологических климатических характеристик в районе установки. Краткосрочное (до 3 дней) и среднесрочное (3–7 дней) прогнозирование гидрометеорологических условий также имеет большое значение для деятельности по оперативному планированию. На этапе эксплуатации необходимы надежные краткосрочные прогнозы ожидаемого производства электроэнергии для крупномасштабной интеграции системы электроснабжения.

5.3. Стратегические соображения относительно развития морской возобновляемой энергетики, включая финансирование

Разработка национальных энергетических стратегий может быть связана с решением ряда задач. В этом контексте необходимо учитывать некоторые важнейшие факторы, в том числе снижение стоимости энергии, получаемой из морских возобновляемых источников, и расширение ее крупномасштабной интеграции в системы снабжения электроэнергией, использование разнообразия морских возобновляемых источников энергии и определение их географического распределения, снижение барьеров на пути развития, включая конфликты с расположением и процессы получения разрешений, и привлечение значительных инвестиций в этот сектор.

Кроме того, Всемирный конгресс по охране природы Международного союза охраны природы (МСОП) на своей шестой сессии просил государства и компетентные органы внедрить стратегию освоения морских возобновляемых источников энергии, учитывающую экологические вопросы, и подвергнуть эту стратегию тщательной стратегической экологической оценке (IUCN, 2016). Это обязательство полностью соответствует цели 7 в области устойчивого развития³.

Всестороннее развитие МВЭ может увеличить разнообразие низкоуглеродных источников энергии и обеспечить жизнеспособные альтернативы ископаемым видам топлива. Традиционных источников коммерческого финансирования зачастую недостаточно для достижения этой цели, поэтому требуются инновационные стратегии. Крайне важными для развития МВЭ считаются государственно-частные партнерства. Например, Европейская комиссия создала Форум по вопросам океанской энергетики, объединяющий представителей промышленности, инвесторов, ученых и государственных лиц в целях поиска решений и повышения инвестиционной привлекательности. В Соединенных Штатах развитию шельфовой ветроэнергетики способ-

²² См., например, United States Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, "Takes of marine mammals incidental to specified activities; taking marine mammals incidental to construction of the Vineyard Wind Offshore Wind Project", Federal Register, Vol. 84, No. 83, 30 April 2019. URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2019-04-30/pdf/2019-08666.pdf>.

ствует Предпринимательская сеть по вопросам шельфовой ветроэнергетики²³.

Важность поддержки со стороны государственного сектора не ограничивается финансированием ранних стадий развития новых технологий. Точно так же, если не более, важна его роль в создании благоприятной среды для частных инвестиций посредством финансовых и налоговых стимулов, портфельных стандартов для воз-

обновляемых источников энергии, компенсаций или льготных тарифов. Инвестиции в новые технологии, как правило, ограничиваются государствами, располагающими финансовыми средствами, позволяющими принять на себя риски, связанные с технологиями, которые не являются экономически рентабельными. Вместе с тем развивающиеся страны могли бы инвестировать в более зрелые технологии МВЭ.

6. Ожидаемые будущие тенденции

Хотя в развитии МВЭ был достигнут значительный прогресс, эта отрасль все еще находится на ранних стадиях развития, за исключением сектора шельфовой ветроэнергетики. Поскольку в целом волновая и приливная энергетика пока не является экономически рентабельной, ближайшей задачей является содействие установке на шельфе большего количества одиночных прототипов или небольших комплексов. В случае успеха такая установка будет способствовать укреплению доверия к сектору и привлечению инвестиций, необходимых для строительства крупных электростанций. Необходимы также технологические достижения для улучшения характеристик и надежности отбора мощности, а также систем контроля для максимального поглощения мощности. Жизнеспособность, надежность и потенциал снижения затрат волновых и приливных технологий компенсируют значительный инвестиционный риск.

В Европе в рамках Стратегического плана развития энергетических технологий были установлены амбициозные целевые показатели НСЭ в отношении шельфовой ветроэнергетики и волновой и приливной энергетики (European Commission Directorate-General for Energy and others, 2018). Для шельфовой ветроэнергетики цель состоит в том, чтобы к 2025 году сократить НСЭ, получаемой на фиксированных морских ветряных электростанциях, до уровня, позволяющего отказаться от субсидий, а НСЭ, получаемой на плавучих морских ветряных электростанциях, — до уровня ниже 120 евро за МВт/ч. Ана-

логичные целевые показатели для волновой и приливной энергетики составляют 200 евро за МВт/ч и, соответственно, 150 евро за МВт·ч. Поддержка правительств стран всего мира позволила бы этой отрасли создать критическую массу, что, в свою очередь, привело бы к значительному снижению затрат. Аналогичные прогнозы НСЭ, получаемой из градиента солености и в результате преобразования тепловой энергии океана, составляют 80 евро за МВт/ч и, соответственно, 150–200 евро за МВт/ч (Ocean Energy Europe, 2016).

В последнее время в отношении установки в открытом море большего числа устройств, преобразующих энергию волн, приливов и океанских течений, наблюдается тенденция сосредоточения внимания на нишевых рынках. Местные варианты производства морской возобновляемой энергии могут обеспечить удовлетворение энергетических потребностей в неэлектрифицированных районах и отдаленных прибрежных и островных сообществах (например, в малых островных развивающихся государствах), в том числе в целях опреснения и аквакультуры (LiVecchi and others, 2019; Rusu and Onea, 2019)²⁴. При таком применении волновая и приливная энергетика может конкурировать с дизельными генераторами. В большинстве случаев устройства, преобразующие энергию волн и приливов, будут иметь меньшие размеры, чем промышленные устройства, поэтому больших капиталовложений не потребуются. Постепенное увеличение размеров устройств и электростанций в целях

²³ См. www.offshorewindus.org/about-us.

²⁴ См. United States Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, "Powering the Blue Economy".

достижения промышленного уровня может открыть возможности для коммерциализации волновой и приливной энергетики.

Ожидается развитие сектора шельфовой ветроэнергетики во всем мире, в том числе в районах, где в настоящее время нет действующих морских ветряных электростанций. В следующем десятилетии Азия и Соединенные Штаты, как ожидается, добьются значительного прогресса; при этом темпы развития шельфовой ветроэнергетики будут расти также на формирующихся рынках. Использование плавучих платформ стало для этой отрасли серьезным прорывом.

Плавучая ветроэнергетика близка к коммерциализации, и имеются новые технологии, которые находятся на более ранних стадиях разработки и могут применяться в шельфовой энергетике. Например, многотурбинные платформы могут послужить альтернативой постоянному увеличению размеров ветряных турбин. Развиваются также концепции, предполагающие получение энергии ветра на больших высотах, например с помощью автономных воздушных змеев или беспилотных летательных аппаратов, а также гибридные платформы, объединяющие различные типы технологий МВЭ на одной платформе.

Выражение признательности: мы хотели бы выразить признательность Николаосу Кукузасу за его значительный вклад в области шельфовой геотермальной энергетики.

7. Справочная литература

- Alvarez-Silva, O.A., and others (2016). Practical global salinity gradient energy potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 60, pp. 1387–1395.
- Arnett, E.B., and others (2016). Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. In *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*, Voigt, C.C., and T. Kingston, eds. Springer International Publishing.
- Banerjee, A., and others (2018). Evaluation of possibilities in geothermal energy extraction from oceanic crust using offshore wind turbine monopiles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 92, pp. 685–700.
- Best, B.D., and P.N. Halpin (2019). Minimizing wildlife impacts for offshore wind energy development: Winning tradeoffs for seabirds in space and cetaceans in time. *PLOS ONE*. vol. 14, No. 5, e0215722.
- Bishop, M.J., and others (2017). Effects of ocean sprawl on ecological connectivity: impacts and solutions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 492, pp. 7–30.
- Boero, F., and others (2017). CoCoNet: towards coast to coast networks of marine protected areas (from the shore to the high and deep sea), coupled with sea-based wind energy potential. *SCIRES-IT - SCientific REsearch and Information Technology*, vol. 6 (Supplement), pp. 1–95.
- Bray, L., and others (2016). Expected effects of offshore wind farms on Mediterranean marine life. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 4, No. 1, 18.
- Breeze, P. (2019). Chapter 14 - Marine Power Generation Technologies. In *Power Generation Technologies*, P. Breeze, ed. Third Edition, pp. 323–349. Newnes.
- Brownlee, M.T.J., and others (2015). Place attachment and marine recreationists' attitudes toward offshore wind energy development. *Journal of Leisure Research*, vol. 47, No. 2, pp. 263–284.
- Buck, H.J. (2019). Marine cultivation technology opening the door to the rich sources of clean energy in our oceans. *Science Focus*. www.sciencefocus.com/planet-earth/marine-cultivation-technology-opening-the-door-to-the-rich-sources-of-clean-energy-in-our-oceans.
- Cazenave, P.W., and others (2016). Unstructured grid modelling of offshore wind farm impacts on seasonally stratified shelf seas. *Progress in Oceanography*, vol. 145, pp. 25–41.

- Chae, S.H., and J.H. Kim (2018). Recent issues relative to a low salinity pressure-retarded osmosis process and suggested technical solutions. In *Membrane-Based Salinity Gradient Processes for Water Treatment and Power Generation*, S., Sarp and N. Hilal, eds., pp. 273–295. Elsevier.
- Copping, A., and L.G. Hemery, eds., (2020). OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES). <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/2020-State-of-the-Science-Report-LR-Tabs.pdf>.
- Dalton, G., and others (2015). Economic and socio-economic assessment methods for ocean renewable energy: Public and private perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 45, pp. 850–878.
- Devine-Wright, P., and Y. Howes (2010). Disruption to place attachment and the protection of restorative environments: a wind energy case study. *Journal of Environmental Psychology*, vol. 30, No. 3, pp. 271–280.
- Dierschke, V., and others (2016). Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. *Biological Conservation*, vol. 202, pp. 59–68.
- Dlugokencky Ed, and Pieter Tans (2020). Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, NOAA/GML. www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends.
- Edenhofer, O., and others (2011). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press.
- Encarnacion, J.I., and others (2019). Design of a horizontal axis tidal turbine for less energetic current velocity profiles. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 7, No. 7, 197.
- European Commission, Directorate-General for Energy and others (2018). SET Plan Delivering Results: The Implementation Plans. Research & Innovation Enabling the EU's Energy Transition. European Union. https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/setis%20reports/setplan_delivering_results_2018.pdf.
- Foley, M.M., and others (2015). Using ecological thresholds to inform resource management: current options and future possibilities. *Frontiers in Marine Science*, vol. 2, art. 95.
- Fox, A.D., and I.K. Petersen (2019). Offshore wind farms and their effects on birds. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift*, vol. 113, No. 3, pp. 86–101.
- Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2020). Global Trends in Renewable Energy Investment 2020. www.fs-unep-centre.org/wp-content/uploads/2020/06/GTR_2020.pdf.
- Glarou, and others (2020). Using artificial-reef knowledge to enhance the ecological function of offshore wind turbine foundations: implications for fish abundance and diversity. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 8, 332.
- Gray, M., and others (2016). Changes to Fishing Practices Around the UK as a Result of the Development of Offshore Windfarms—Phase 1. The Crown Estate. www.thecrownestate.co.uk/media/2600/final-published-ow-fishing-revised-aug-2016-clean.pdf.
- Gunn, K., and C. Stock-Williams (2012). Quantifying the global wave power resource. *Renewable Energy*, vol. 44, pp. 296–304.
- Heijnen, L., and others (2019). Ultra-Deep Geothermal Program in the Netherlands. In *European Geothermal Congress*. The Hague, Netherlands: European Geothermal Energy Council, p. 6.
- Hiriart, G., and I. Hernandez (2010). Electricity Generation from Hydrothermal Vents. *Geothermal Resources Council Transactions*, vol. 34, pp. 1033–1038.
- Hoegh-Guldberg, O., and others (2019). The ocean as a solution to climate change: five opportunities for action. https://oceanpanel.org/sites/default/files/2019-10/HLP_Report_Ocean_Solution_Climate_Change_final.pdf.
- Huckerby, J., and others (2016). An International Vision for Ocean Energy. Version III. Ocean Energy Systems Technology Collaboration Programme. <https://testahemsidaz2.files.wordpress.com/2017/03/oes-international-vision.pdf>.

- ICES (2019). Working Group on Marine Benthic Renewable Developments (WGMRED). ICES Scientific Reports. Denmark: International Council for the Exploration of the Sea. www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/HAPISG/2019/Working%20Group%20on%20Marine%20Benthic%20and%20Renewable%20Energy%20Developments.pdf.
- International Energy Agency (IEA) (2019). Offshore Wind Outlook 2019. World Energy Outlook Special Report. International Energy Agency.
- _____ (2020). Global CO₂ emissions in 2019, IEA, Paris. www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, V. Masson-Delmotte and others, eds. Intergovernmental Panel on Climate Change. In press.
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2014). Salinity Gradient Energy: technology brief. International Renewable Energy Agency. www.irena.org/publications/2014/Jun/Salinity-Gradient.
- _____ (2019). Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2019. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA_RE_Jobs_2019-report.pdf.
- _____ (2020a). Renewable Capacity Statistics 2020. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2020.pdf.
- _____ (2020b). Renewable Power Generation Costs in 2019. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf.
- Isaksson, Natalie, and others (2020). Assessing the effects of tidal stream marine renewable energy on seabirds: A conceptual framework. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 157, 111314.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2016). Development of Offshore Renewable Energy and Biodiversity Conservation. IUCN Resolutions, Recommendations and Other Decisions. World Conservation Congress. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Honolulu, Hawaii, United States.
- Jepma, C., and M. van Schot (2016). Connect North Sea oil and gas platforms to offshore wind farms to produce green gas. *Energypost.Eu*. <https://energypost.eu/connect-north-sea-oil-gas-platforms-offshore-wind-farms-produce-green-gas>.
- Kadiri, M., and others (2012). A review of the potential water quality impacts of tidal renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, No. 1, pp. 329–341.
- Karason, B., and others (2013). Utilization of Offshore Geothermal Resources for Power Production. In Proceedings of Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, (SGP-TR-198), p.10.
- Koschinski, S., and K. Lüdemann (2013). Development of Noise Mitigation Measures in Offshore Wind Farm Construction. Federal Agency for Nature Conservation. www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbem²014-01/other/mcbem²014-01-submission-noise-mitigation-en.pdf.
- Kuang, Y., and others (2016). A review of renewable energy utilization in islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 59, pp. 504–513.
- Lange, M., and others (2018). Governance challenges of marine renewable energy developments in the US—Creating the enabling conditions for successful project development. *Marine Policy*, vol. 90, pp. 37–46.
- Langton, R., and others (2019). An Ecosystem Approach to the Culture of Seaweed. NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO-195. <https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/TMSPO195.pdf>.

- Lewis, A., and others (2011). Ocean Energy. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, Edenhofer, O., and others, eds. Cambridge University Press.
- LiVecchi, A., and others (2019). Powering the Blue Economy; Exploring Opportunities for Marine Renewable Energy in Maritime Markets. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Washington, D.C. www.energy.gov/sites/prod/files/2019/09/f66/73355-v2.pdf.
- Marques, A.T., and others (2014). Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, vol. 179, pp. 40–52.
- Mendoza, E., and others (2019). A framework to evaluate the environmental impact of OCEAN energy devices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 112, pp. 440–449.
- Mulcan, A., and others (2015). Marine Benthic Habitats and Seabed Suitability Mapping for Potential Ocean Current Energy Siting Offshore Southeast Florida. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 3, pp. 276–298.
- Musial, W.D., and others (2019). 2018 Offshore Wind Technologies Market Report. National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States). www.energy.gov/sites/prod/files/2019/09/f66/2018%20Offshore%20Wind%20Technologies%20Market%20Report.pdf.
- Ocean Energy Europe (2016). European Commission Issue Paper on Ocean Energy Industry Response. Technical Report. https://setis.ec.europa.eu/system/files/tpoandoe_input_act1and2_ocean.pdf.
- Olabi, A.G. (2017). Renewable energy and energy storage systems. *Energy*, vol. 136, pp. 1–6.
- Ould Amrouche, S., and others (2016). Overview of energy storage in renewable energy systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 41, No. 45, pp. 20914–20927.
- Patel, S. (2015). Largest OTEC Facility Inaugurated in Hawaii. *Power Magazine*. www.powermag.com/largest-otec-facility-inaugurated-in-hawaii.
- Pedamallu, L.R.T., and others (2018). Environmental Impacts of Offshore Geothermal Energy. *Geothermal Resources Council Transactions*, vol. 42, p.10.
- Perlack, R.D., and others (2005). Biomass as feedstock for a bioenergy and bioproducts industry: The technical feasibility of a billion-ton annual supply. US Department of Energy and US Department of Agriculture. https://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/final_billionton_vision_report2.pdf.
- Pimentel Da Silva, G.D., and D.A.C. Branco (2018). Is floating photovoltaic better than conventional photovoltaic? Assessing environmental impacts. *Impact Assessment and Project Appraisal*, vol. 36, pp. 390–400.
- Prabowo, T.R., and others (2017). A new idea: The possibilities of offshore geothermal system in Indonesia marine volcanoes. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 103, 012012. IOP Publishing.
- Ranjbaran, P., and others (2019). A review on floating photovoltaic (FPV) power generation units. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 110, pp. 332–347.
- Rau, G.H., and J.R. Baird (2018). Negative-CO₂-emissions ocean thermal energy conversion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 95, pp. 265–272.
- REN21 (2019). Renewables 2019 Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat. www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf.
- Roa-Ureta, R.H., and others (2019). Modelling long-term fisheries data to resolve the attraction versus production dilemma of artificial reefs. *Ecological Modelling*, vol. 407, 108727.
- Rusu, E., and F. Onea (2019). An assessment of the wind and wave power potential in the island environment. *Energy*, vol. 175, pp. 830–846.
- Sahu, A., and others (2016). Floating photovoltaic power plant: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 66, pp. 815–824.

- Saibi, H., and others (2013). Geothermal energy. In *Handbook of Sustainable Engineering*, Kauffman J., and K.M. Lee, eds. Springer.
- Sandberg, A., and others (2016). Critical factors influencing viability of wave energy converters in off-grid luxury resorts and small utilities. *Sustainability*, vol. 8, No. 12, 1274.
- Savidge, G., and others (2014). Strangford Lough and the SeaGen Tidal Turbine. In *Marine Renewable Energy Technology and Environmental Interactions. Humanity and the Sea*, Shields M., and A. Payne, eds. Springer.
- Schaetzle, O., and C.J.N. Buisman, (2015). Salinity Gradient Energy: Current State and New Trends. *Engineering*, vol. 1, No. 2, pp. 164–166.
- Scottish Enterprise (2018). Marine Renewable Energy, Subsea Engineering Opportunity, International Market Insights Report Series. p. 10.
- Sheehan, J., and others (1998). Look back at the US department of energy's aquatic species program: biodiesel from algae; close-out report. National Renewable Energy Lab., Golden, CO. (US). www.nrel.gov/docs/legosti/fy98/24190.pdf.
- Shnell, J. (2009). Global Supply of Clean Energy from Deep Sea Geothermal Resources. *Geothermal Resources Transactions*, pp. 137–142.
- Shnell, J., and others (2015). Energy from Ocean Floor Geothermal Resources. In *Proceedings World Geothermal Congress 2015*, Melbourne, Australia, p. 6.
- SI Ocean (2013). Ocean Energy: Cost of Energy and Cost Reduction Opportunities. <https://oceanenergy-sweden.se/wp-content/uploads/2018/03/130501-si-ocean-cost-of-energy-report.pdf>.
- Smart, G., and M. Noonan (2018). Tidal Stream and Wave Energy Cost Reduction and Industrial Benefit: Summary Analysis. Report by ORE Catapult. www.marineenergywales.co.uk/wp-content/uploads/2018/05/ORE-Catapult-Tidal-Stream-and-Wave-Energy-Cost-Reduction-and-Ind-Benefit-FINAL-v03.02.pdf.
- Snyder, D.B., and others (2019). Evaluation of Potential EMF Effects on Fish Species of Commercial or Recreational Fishing Importance in Southern New England. OCS Study BOEM 2019-049. https://espis.boem.gov/final%20reports/BOEM_2019-049.pdf.
- Soukissian, T.H., and others (2017). Marine renewable energy in the Mediterranean Sea: status and perspectives. *Energies*, vol. 10, 1512.
- Spencer, R.S., and others (2019). Floating photovoltaic systems: Assessing the technical potential of photovoltaic systems on man-made water bodies in the continental United States. *Environmental Science & Technology*, vol. 53, No. 3, pp. 1680–1689.
- Taormina, B., and others (2018). A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 96, pp. 380–391.
- Tedesco, M., and others (2017). Towards 1 kW power production in a reverse electrodialysis pilot plant with saline waters and concentrated brines. *Journal of Membrane Science*, vol. 522, pp. 226–236.
- Tester, J.W., and others (2006). The future of geothermal energy. Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. https://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/future_geo_energy.pdf.
- Topham, Eva. and others (2019). Challenges of decommissioning offshore wind farms: Overview of the European experience. In *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1222, 012035. IOP Publishing.
- Trapani, K., and M. Redón Santafé (2015). A review of floating photovoltaic installations: 2007–2013. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 23, No. 4, pp. 524–532.
- Wang, Z., and others (2019). A review of marine renewable energy storage. *International Journal of Energy Research*, vol. 43, No. 12, pp. 6108–6150.

- Westerberg, V., and others (2013). The case for offshore wind farms, artificial reefs and sustainable tourism in the French Mediterranean. *Tourism Management*, vol. 34, pp. 172–183.
- Willsted, E., and others (2017). Assessing the cumulative environmental effects of marine renewable energy developments: Establishing common ground. *Science of the Total Environment*, vol. 577, pp. 19–32.
- World Meteorological Organization (WMO) (2020) = Всемирная метеорологическая организация (ВМО) (2020). Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2019 году. ВМО-№ 1248. Швейцария: Всемирная метеорологическая организация. https://library.wmo.int/doc_num.php?expl-num_id=10229.
- World Bank Group and others (2019). Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report. Washington, D.C.: World Bank. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/579941540407455831/pdf/Floating-Solar-Market-Report-Executive-Summary.pdf>.

Глава 22

ИНВАЗИВНЫЕ

ВИДЫ

Участники: Тома В. Террьо (координатор), Белла С. Галиль, Алан Дейдун, Грейм Инглис, Марни Л. Кэмбелл, Хенн Оявеэр (ведущий участник), Пак Чхуль (соведущий участник), Ренисон Рува (соведущий участник), Чэд Л. Хьюитт, Цяо Бин и Эванхелина Швиндт.

Ключевые тезисы

- Во всем мире в новые места при посредничестве человека было завезено около 2000 морских чужеродных видов. Хотя некоторые из них представляют экономическую ценность, большинство имеют отрицательные экологические и социально-экономические последствия и последствия для здоровья человека. С расширением торговли и ускорением изменения климата проблема биологической инвазии, по всей вероятности, будет усугубляться.
- Чужеродные виды могут создавать значительную угрозу для биобезопасности и биоразнообразия. Крупномасштабных обследований чужеродных видов с широким таксономическим охватом, а также исследований для документирования диапазона потенциального воздействия в колонизируемой среде проводится мало.
- Основные векторы инвазии (как то сброс балластных вод, биообрастание, аквакультура, торговля живыми организмами, каналы и пластмассовый или другой мусор) недостаточно описаны и изучены на глобальном, а зачастую и на региональном уровне и, за исключением балластных вод и осадков, не регулируются. С учетом многовекторного характера как интродукции, так и распространения чужеродных видов необходимы всеохватные и взаимосвязанные правовые инструменты с надежными механизмами правоприменения для смягчения последствий перемещения видов и комплексные программы мониторинга для их обнаружения.
- Для оценки потенциальной угрозы чужеродных видов в меняющихся экологических условиях, для выявления автохтонных видов и экосистем, подвергающихся наибольшему риску, а также для определения наиболее эффективных ответных мер (таких как раннее обнаружение и быстрое реагирование) срочно нужны более совершенные инструменты. В особой степени это касается видов, ранее не имевших документально подтвержденной истории инвазии.

1. Введение

Инвазия чужеродных видов — это один из важных факторов изменения биоразнообразия, который способен уменьшать биоразнообразие, менять структуру и функционирование сообществ, приводить к снижению производительности рыболовства и аквакультуры и оказывать воздействие на здоровье и благополучие человека. Этот процесс усугубляют изменение климата, включая экстремальные явления, и другие обусловленные деятельностью человека нарушения (Bax and others, 2003; MEA, 2005; Ojaveer and others, 2018). Чужеродные виды — это организмы, в том числе микробы, которые преодолели природный барьер рассредоточения, оказавшись в новом биогеографическом районе за пределами своего естественного ареала, и являются намеренным или случайным результатом деятельности при посредничестве человека (Carlton, 1999). Затем эти виды либо естественным путем, либо в результате другой деятель-

ности при посредничестве человека могут распространяться по колонизированному району с помощью всевозможных векторов инвазии (т.е. физических средств перемещения организмов, связанных, в том числе, с биообрастанием, аквакультурой, торговлей живыми организмами и эксплуатацией каналов) (Carlton and Ruiz, 2005; Richardson and others, 2011). Пути инвазии представляют собой сочетание процессов и факторов, благодаря которым организмы перемещаются из исходной точки в новую (не естественную для них) среду, и включают некоторые элементы векторов инвазии (термины «путь инвазии» и «вектор инвазии» иногда используются на взаимозаменяемой основе) (Carlton and Ruiz, 2005; Richardson and others, 2011). Виды, чей характер распространения меняется в результате изменения экосистемного режима или в ответ на изменение климата в их естественном ареале, а также криптогенные виды (чей естествен-

ный ареал неизвестен) к чужеродным видам не относятся (Carlton, 1996). Чужеродные виды отдельной подгруппы, которые называют «инвазивными чужеродными видами», оказывают значительное биологическое и экономическое воздействие и воздействие на здоровье человека (Williamson, 1996; UNEP, 2002). С учетом того, что предсказать, какие чужеродные виды станут инвазивными в том или ином районе при тех или иных обстоятельствах, зачастую невозможно, при работе над настоящей главой применялся осторожный подход, и она, таким образом, охватывает все чужеродные виды из морских и устьевых систем.

Чужеродные виды обуславливают изменения в колонизованных экосистемах. В свою очередь, на эти виды оказывают воздействие экосистемы, в которые они попадают, а также факторы и события, в результате которых они были перемещены из своей естественной среды обитания. Более того, все чаще признается, что чужеродные виды являются важнейшим компонентом различных стрессогенных факторов, особенно в прибрежных морских местообитаниях, и что развитие мировой экономики и совершенствование транспорта способствуют распространению чужеродных видов (MEA, 2005). Морские экосистемы, которые уже подвергаются стрессу или деградации в результате других антропогенных факторов, таких как перелов, эвтрофикация, закисление океана и изменение местообитаний, оказались благоприятной средой для чужеродных видов (Crooks and others, 2011). Следовательно, успешная инвазия в морскую среду, в частности в тех случаях, когда чужеродные виды являются патогенными организмами, напрямую связана с изменениями в природном биоразнообразии (в том числе в отношении видов, указанных в приложениях к Конвенции о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения¹), продуктивности (в том числе рыбного промысла), характере вредоносного цветения водорослей и структуре и функциях экосистем (гл. 6, 7, 10 и 15). Кроме того, ожидаемое увеличение количества искусственных местообитаний (гл. 14), позволяющих обрастающим видам распространяться в

среде, которая иначе была бы для них непригодной, может способствовать интродукции и распространению чужеродных видов, причем диапазон этих процессов расширяется благодаря осуществляемой при посредничестве человека деятельности, такой как морской транспорт и судходство, перемещения, связанные с аквакультурой и рыболовством, зарыбление, восстановление местообитаний, эксплуатация каналов и водоотводов, деятельность, приводящая к образованию морского мусора (особенно мусора из пластмассы, которая медленно разлагается и может долгое время служить транспортным вектором), и научно-исследовательская деятельность (гл. 16) (Ruiz and others, 1997; Carlton and others, 2017; Galil and others, 2018; Therriault and others, 2018).

Чужеродные виды могут прямо или косвенно влиять на биоту и экосистемы, необходимые для здоровых и продуктивных человеческих сообществ. Хотя чужеродные виды, случайно интродуцированные в природную экосистему или скрывшиеся в ней после преднамеренной интродукции, иногда становятся объектом промысла [например, тихоокеанская устрица (*Crassostrea gigas*), красноморская креветка (*Penaeus pulchricaudatus*), азиатская тигровая креветка (*P. monodon*), синий краб-плавунец (*Portunus segnis*) и манильский моллюск (*Ruditapes philippinarum*)], долгосрочные последствия их присутствия, как правило, негативны и связаны с уменьшением местного разнообразия. Прямые и косвенные последствия наблюдаются и в прибрежных общинах и выражаются в снижении общей производительности и жизнестойкости морских систем, традиционно поддерживающих устойчивое рыболовство или аквакультуру (Molnar and others, 2008; Schröder and de Leaniz, 2011).

Для лучшего понимания проблемы инвазии в глобальном масштабе, распределения чужеродных видов и потенциальных механизмов расширения их ареала необходимы достоверные и подробные геореференцированные перечни таких видов, размещенные в базах данных с возможностью поиска. В настоящее время знания о чужеродных видах во многих частях света, в

¹ United Nations, *Treaty Series*, vol. 993, No. 14537.

том числе касающиеся даты их первого появления (или обнаружения) и вероятных векторов интродукции, ограничены, неполноценны или отсутствуют вообще. Несмотря на прогресс, достигнутый в оценке биоразнообразия (Costello and others, 2010; Narayanaswamy and others, 2013), особенно благодаря совершенствованию молекулярных методов (Darling and others, 2017), в отношении изучения чужеродных видов остаются огромные пробелы. В частности, необходимо не только полностью урегулировать вопросы таксономии в отношении каждого вида (особенно в районах сосуществования чужеродных и родственных им автохтонных видов), но и обеспечить понимание естественного ареала таких

видов. Также необходимо расширить знания о геопространственных и временных характеристиках векторов и путей инвазии. Несмотря на проведение некоторых региональных исследований в отношении балластных вод, в целом информация о чужеродных видах, переносимых с помощью различных векторов инвазии, имеет ограниченный характер. Также отсутствует всестороннее понимание, в частности, характеристик, маршрутов, частоты и интенсивности инвазии через определенные пути. В совокупности такие сведения имеют решающее значение для разработки политики в отношении чужеродных видов и для регулирования.

2. Зафиксированные исходные показатели и изменения в чужеродных видах

Поскольку в контексте первой «Оценке состояния Мирового океана» (United Nations, 2017) официальная оценка состояния чужеродных видов и связанных с ними тенденций не проводилась, оценить изменения, произошедшие со времени ее публикации, не представляется возможным. Тем не менее имеется множество доказательств того, что в результате ненадлежащего управления и контроля чужеродные виды продолжают распространяться по всему миру, и информация о новых случаях инвазии поступает в отношении новых районов. Хотя Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 года² вступила в силу в сентябре 2017 года (International Maritime Organization (IMO), 2019), степень ее осуществления различными странами мира и ее эффективность в сокращении масштабов морской инвазии на региональном уровне неясны. При этом на текущем этапе накопления опыта может быть получена важная информация для будущих оценок. Аналогичным образом, хотя ряд государств применяют разработанный Международным советом по исследованию моря (МСИМ) Кодекс отраслевой практики по внедрению и переносу морских организмов (ICES, 2005) для уменьшения угрозы, создаваемой чужеродными видами, при намеренном внедрении видов в новые рай-

оны для целей культивации, инвазия по-прежнему имеет место. Признавая растущее значение обрастания корпусов судов в качестве вектора, МСИМ рекомендовал четыре меры для оценки масштабов и смягчения последствий интродукции в результате биообрастания (ICES, 2019). При этом существует множество других векторов инвазии, которые в настоящее время на глобальном уровне не регулируются (см. ниже).

В мировом масштабе информация о чужеродных видах весьма вариативна в пространственном, временном и таксономическом отношении. Во многих местах чужеродные виды не являются предметом регулярного обследования и мониторинга. Также имеются значительные несоответствия в плане широты и глубины таксономического анализа и знаний: значительно более точная информация имеется о более крупных и более заметных видах (например, рыбы и крупные ракообразные), чем о более мелких и менее заметных (например, черви и другие мелкие беспозвоночные).

Важно отметить, что последствия морской инвазии могут проявляться в течение длительного времени и с трудом поддаются количественной оценке. Зачастую между моментом интродукции чужеродного вида на новую территорию и мо-

² Международная морская организация, документ BWM/CONF/36, приложение.

ментом его обнаружения или выявления последствий есть временной разрыв. Кроме того, важная информация об исходном состоянии среды до инвазии нередко отсутствует. Следовательно, трудно приписать наблюдаемые в экосистемах изменения конкретно чужеродным видам, особенно с учетом множества других внешних стрессогенных факторов, воздействующих на морские экосистемы. Тем не менее, если будут подготовлены наборы глобальных или региональных фоновых данных, как Циамис и др. (Tsiamis and others, 2019) предлагают сделать

для стран Европейского союза, то можно будет получить более точное представление как об изменениях в состоянии чужеродных видов в пространственно-временном отношении, так и об их воздействии на экосистемы и здоровье человека — при том понимании, что для обеспечения соответствия этих наборов данных поставленным целям потребуется их критическая проверка. Ниже приводится первый комплексный анализ исходных данных о статусе и тенденциях по различным таксономическим группам в различных регионах (см. разд. 4).

3. Последствия для человеческих сообществ, экономики и благополучия людей

Проблема чужеродных видов, которые способствуют деградации прибрежных местообитаний и связанных с ними экосистемных товаров и услуг, не только сказывается на достижении цели 14 (Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития), но и может прямо или косвенно влиять на достижение многих других целей³ (см. International Council for Science (ICSU) and others, 2017). Продолжающееся распространение чужеродных видов, которые прямо или косвенно оказывают негативное воздействие на рыбное хозяйство и аквакультуру, изменяя структуру и функции экосистем, может помешать достижению цели 1 (Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах), особенно в малых островных развивающихся государствах и наименее развитых странах, не имеющих нормативных актов, стратегий и программ мониторинга в отношении чужеродных видов, а также планов раннего обнаружения и быстрого реагирования. Распространение чужеродных видов также может поставить под угрозу достижение цели 2 (Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства), поскольку в силу тех же факторов, которые были упомянуты выше, влияет на безопасность и наличие морепродуктов. Во многих случаях чужеродные виды, особенно те из них, которые способны повлиять на здоро-

вье человека, могут считаться биологическим загрязнителем. Таким образом, продолжающееся распространение по миру чужеродных видов, особенно таких человеческих патогенов, как *Vibrio cholerae*, также влияет на достижение цели 3 (Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте). Некоторые чужеродные виды способны кардинальным образом менять морскую прибрежную среду и влиять на местные сообщества и, следовательно, могут отрицательно сказаться на достижении цели 6 (Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех). Появляется все больше свидетельств того, что многие вызывающие биообрастание морские чужеродные виды способны колонизировать различные антропогенные конструкции, включая причалы, нефтяные платформы и ветряные электростанции. По мере развития береговой и морской инфраструктуры ввиду растущего спроса на электроэнергию чужеродные виды могут также мешать достижению цели 7 (Обеспечение доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех). В районах бесконтрольного распространения чужеродных видов может оказаться под угрозой устойчивый рост рыболовства и аквакультуры. Таким образом, чужеродные виды могут также отрицательно сказываться на достижении цели 8 (Содействие поступательному, всеохватному и устойчиво-

³ См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

му экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех) и цели 9 (Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям).

Важную роль в улучшении понимания морских чужеродных видов и их воздействия в мировом масштабе могли бы сыграть связанные с целью 16 (Содействие построению миролюбивого и открытого общества в интересах устойчивого развития, обеспечение доступа к правосудию для всех и создание эффективных, подотчетных и основанных на широком участии учреждений на всех уровнях) меры благого управления ресурсами океана. Такие меры управления могли бы включать в себя разработку системы отчетности или базы данных для документирования постоянно меняющихся тенденций распространения чужеродных видов в интересах обоснованного управления или разработки политики в отношении районов за пределами национальной юрисдикции. Более того, есть множество морских экосистем, в отношении которых отсутствует даже самая базовая информация о чужеродных видах (см. разд. 2 и 4). В этой связи в рамках цели 17 (Укрепление средств осуществления и активизация работы в рамках Глобального партнерства в интересах устойчивого развития) могут открываться возможности для налаживания глобальных партнерских отношений и наращивания потенциала. Медленный прогресс в достижении целей в области устойчивого развития может усугублять проблему распространения чужеродных видов и их воздействие. Например, в отсутствие успехов в достижении цели 13 (Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями) в тех немногих морских экосистемах, таких как Северный Ледовитый океан и Южный океан, где в настоящее время присутствует лишь ограниченное число чужеродных видов (см. разд. 4), инвазия будет происходить гораздо более быстрыми темпами, поскольку эти районы станут более пригодными для различных таксонов, а абиотические и биотические преграды для инвазии будут ослаблены или разрушены.

Проблема чужеродных видов рассматривается в ряде других глобальных директивных документов, особенно – ввиду отрицательной связи между соответствующими понятиями – документов, касающихся биоразнообразия. В частности, угроза чужеродных видов признается в Конвенции о биологическом разнообразии⁴, в пункте *h*) статьи 8 которой предусматривается, что каждая договаривающаяся сторона, насколько это возможно и целесообразно, предотвращает интродукцию чужеродных видов, которые угрожают экосистемам, местам обитания или видам, контролирует или уничтожает такие чужеродные виды. Межправительственная научно-политическая платформа по биоразнообразию и экосистемным услугам также признает негативное воздействие чужеродных видов во всем мире и запустила процесс оценки этих видов.

Некоторые чужеродные виды способны оказывать пагубное влияние на здоровье и благополучие человека. Например, интродуцированные вибрионы и вредоносные виды водорослей (динофлагелляты, диатомеи и цианобактерии), выделяющие токсины, могут оказывать отрицательное воздействие на морскую биоту и на людей. Ожидается, что воздействие этих организмов, преуспевающих в условиях меняющегося климата, будет только усугубляться (Ruiz and others, 2000; Paerl and Huisman, 2009). В значительно колонизованном Средиземном море насчитывается девять ядовитых и ядовитых чужеродных видов из Индийского океана или Индо-Западно-Тихоокеанской области, которые представляют опасность для здоровья человека (Galil, 2018). Индо-тихоокеанская полосатая крылатка *Pterois volitans* вырабатывает токсин, который опасен для человека, однако редко вызывает смерть. При этом о пространственно-временных параметрах воздействия таких видов на здоровье человека имеются лишь фрагментарные сведения, поскольку недостаточное диагностирование и представление информации затрудняют количественную оценку требующих медицинского вмешательства случаев во всем мире, а незнание масштабов и серьезности этих новых угроз в области общественного здравоохранения.

⁴ United Nations, *Treaty Series*, vol. 1760, No. 30619.

ранения и соответствующих тенденций может помешать анализу рисков.

Некоторые как намеренно, так и случайно интродуцированные чужеродные виды обеспечивают экономическую выгоду, но зачастую такая выгода компенсируется экологическими последствиями. Например, в прибрежные районы во всем мире, в том числе в Северной Америке, Южной Америке, Африке, Австралии и Европе, была интродуцирована тихоокеанская устрица, глобальный объем добычи которой превышает 4 млн тонн, обеспечивая экономические возможности (Shatkin, 1997; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019). Однако во многих районах этот вид распространился за пределы участков выращивания и оказывает негативное воздействие на местное биоразнообразие и функционирование экосистем, а также на благополучие людей (Molnar and others, 2008; Herbert and others, 2016). Созданию экономических возможностей во многих странах мира способствует также интродукция атлантического лосося (*Salmo salar*), однако масштабное проникновение особей за пределы районов разведения может иметь отрицательные экологические и со-

циально-экономические последствия (Schröder and de Leaniz, 2011). В Баренцевом море для целей промысла был специально разведен камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus*), который быстро распространился в прилегающих водах и изобилует в них, вызывая конфликты между различными категориями потребителей и оказывая негативное влияние на биоразнообразие и функционирование экосистем, особенно во фьордах (Falk-Petersen and others, 2011). Организация промысла чужеродных видов имеет более долгосрочные последствия, особенно с учетом стремления обеспечить устойчивость промысла. Кроме того, некоторые чужеродные виды, например произрастающая в соленых маршах спартина очереднолистная (*Spartina alterniflora*), которая была намеренно интродуцирована в Китае с целью формирования экосистемы, значительно меняют колонизированные ими экосистемы (Wan and others, 2009). Шлепфер и др. (Schlaepfer and others, 2011) выдвигают гипотезу о том, что ряд чужеродных видов могут обеспечивать экологические или природоохранные выгоды, однако прогнозирование таких выгод зачастую сложно и зависит от контекста.

4. Основные исходные показатели, изменения и последствия по конкретным регионам

4.1. Северный Ледовитый океан

Хотя оценки распространения чужеродных видов в масштабах всего бассейна Северного Ледовитого океана не проводились, в настоящее время в нем, по-видимому, присутствует относительно мало видов-вселенцев (Molnar and others, 2008; Chan and others, 2013). Однако ввиду стремительных экологических изменений, включая повышение температуры и таяние морского льда, воды этого океана в будущем могут стать пригодными для ряда потенциальных вселенцев (Ware and others, 2016; Goldsmit and others, 2018). Кроме того, эти экологические изменения могут повлиять на присутствие в Северном Ледовитом океане антропогенных векторов инвазии, в частности морского транспорта, что в будущем может привести к активному распространению чужеродных видов (Miller and Ruiz, 2014).

4.2. Северная часть Атлантического океана, Балтийское, Черное, Средиземное и Северное моря

Проблема инвазии в Средиземном море имеет долгую историю: еще до 1900 года в нем было зафиксировано 22 чужеродных вида (Galil, 2012). К началу 2000-х годов на уровне стран начали составляться перечни чужеродных видов, и по состоянию на 2011 год в морских водах Европейского союза (включая Макаронезию) насчитывалось в общей сложности 787 чужеродных видов, причем наибольшее их число (242) было зарегистрировано в западной части Средиземного моря (Tsiamis and others, 2019; см. также Gómez, 2019, относительно 52 видов микроводорослей). При этом отсутствие данных по восточным и южным районам Средиземного моря вызывает серьезное отклонение, поскольку чужеродные виды в восточной части Среди-

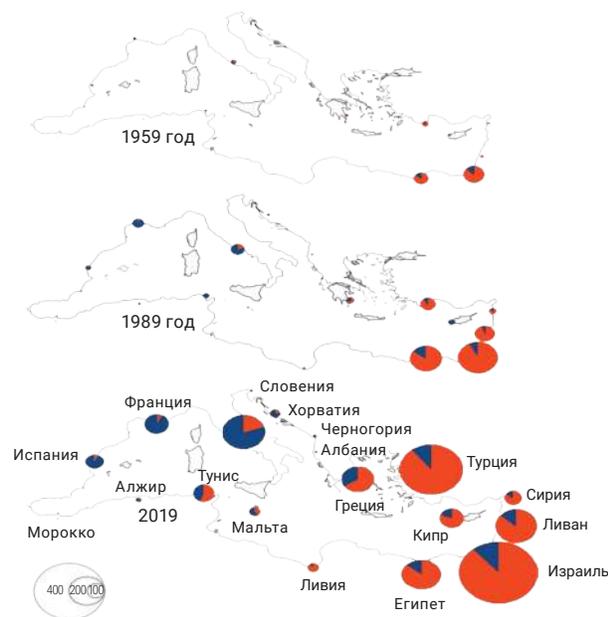
земного моря присутствуют в гораздо большем количестве, чем в западной (только вдоль побережья Израиля зафиксировано более 400 чужеродных видов). Во всем Средиземном море насчитывается 727 чужеродных видов многоклеточных организмов, и их число стремительно растет (Galil and others, 2018) (см. рисунок ниже), в то время как по состоянию на 2018 год в Черном море было зафиксировано 173 чужеродных и криптогенных вида. Несмотря на все большее осознание роли Суэцкого канала в попадании в Средиземное море инвазивных видов, меры по сдерживанию вероятного более активного распространения чужеродных видов в контексте проекта «Новый Суэцкий канал», осуществление которого началось в 2014 году и который подразумевает существенное углубление и расширение первоначального канала, пока не рассматривались (Galil and others, 2017). Таким образом, к основным векторам инвазии в Средиземном море относятся попадание в него биоты Красного моря через Суэцкий канал; судоход-

ство, как коммерческое, так и рекреационное; марикультура; и «аквариумная торговля». Хотя с последними векторами связано меньшее количество чужеродных видов, в некоторых случаях воздействие оказалось несоразмерным: речь идет об инвазии водоросли каулерпа-ёлочка (*Caulerpa taxifolia*) в результате перелива аквариума (Meinesz and Hesse, 1991) и бурой водоросли (*Fucus spiralis*) через упаковку рыболовной приманки (Sancholle, 1988).

С начала XXI темпы интродукции видов в Балтийское море составляли около 3,2 вида в год, что почти в два раза больше, чем в период с 1950 по 1999 год, когда этот показатель составлял 1,4 вида в год (ICES, 2018). Основными векторами первичной инвазии являются балластные воды и обросшие корпуса; также имеет место естественное распространение чужеродных видов, принесенных из рек и Северного моря. Большинство чужеродных видов в Балтийском море происходят из Северной Америки, Понтийско-Каспийского региона и Восточной Азии, однако в последнее время наблюдается рост темпов интродукции субтропических чужеродных видов, и в общей сложности в Балтийском море зарегистрировано 174 чужеродных и криптогенных вида (AquaNIS, 2019; Ojaveer and others, 2017; ICES, 2018). При этом по поводу направленности и масштабов воздействия даже самых распространенных чужеродных видов на структуру и динамику экосистем Балтийского моря сохраняется значительная неопределенность (Ojaveer and Kotta, 2015).

Хотя имеет место некоторое наслоение проводимых исследований, обнаруженные в Восточной Атлантике чужеродные виды включают в себя как минимум 80 видов в Северном море (Reise and others, 2002); 90 видов в водах вокруг Соединенного Королевства (Minchin and others, 2013); 104 видов в водах у атлантического побережья Франции (Gouilletquer and others, 2002); и более 100 видов в Ла-Манше (Dauvin and others, 2019). В Западной Атлантике обнаружено по крайней мере 189 чужеродных видов (Ruiz and others, 2015), хотя их число, вероятно, больше. Для целей разработки политики и управления необходимы проверенные региональные перечни.

Изменения в сообщаемой численности чужеродных видов в Средиземном море с течением времени



Источник: Агнесса Маркини и Белла Галиль.

Примечание. Красным цветом обозначены виды, проникшие через Суэцкий канал, синим — виды, привнесенные другими векторами.

4.3. Южная часть Атлантического океана и Большой Карибский район

Информация о чужеродных видах в южной части Атлантического океана и Большом Карибском районе неполна как в пространственном, так и в временном отношении. Самые ранние перечни за прошлые периоды относятся к Южной Африке, где в начале 1990-х годов было зафиксировано 12 чужеродных видов, включая двух вселенцев, распространившихся по всему миру: европейского зеленого краба (*Carcinus maenas*) и черноморскую мидию (*Mytilus galloprovincialis*) (Griffiths and others, 1992). Мид и др. (Mead and others, 2011) провели повторную оценку распространенности чужеродных видов в регионе и идентифицировали 86 таких видов, обозначив в качестве основных векторов балластные воды и обросшие корпуса судов. За исключением Южной Африки, юго-восточное побережье Атлантического океана остается в значительной степени неизученной зоной с точки зрения чужеродных видов, однако по итогам недавно проведенного в Анголе исследования появились сведения о 29 чужеродных видах (Barros Pestana and others, 2017). Что касается Юго-Западной Атлантики, то в самых ранних перечнях, относившихся к Аргентине и Уругваю, был зафиксирован 31 чужеродный вид, включая один намеренно интродуцированный вид (тихоокеанская устрица) (*Orensanz and others, 2002*). В ходе недавно проведенной повторной оценки по этому региону было выявлено более 120 чужеродных видов из различных таксономических групп (от вирусов до растений и рыб), включая 33 новых вида, обнаруженных с 2002 года (Schwindt and others, 2020); как и в случае Южной Африки главным вектором интродукции видов являются суда. В ходе недавних исследований в Бразилии было выявлено 73 чужеродных вида (Lopes and others, 2009; Teixeira and Creed, 2020), при этом с учетом протяженности побережья и долгой истории судоходства в этой стране можно предположить, что эта цифра не передает всего разнообразия чужеродных видов в этом районе. Имеется пробел в данных по северной части атлантического побережья Южной Америки (от Французской Гвианы до Гайаны), где проблеме чужеродных видов уделяется мало внимания (Schwindt and Bortolus, 2017); нет подробных перечней по Большому Карибскому району, но име-

ются маломасштабные подборки по Боливарианской Республике Венесуэла, где было выявлено 22 чужеродных вида (Pérez and others, 2007), и по Колумбии, где зафиксировано 16 чужеродных видов (Gracia and others, 2011). Одним из самых проблемных и широко изучаемых чужеродных видов в Карибском регионе является полосатая крылатка *Pterois volitans*. В тропической зоне Западной Атлантики и Мексиканском заливе стремительно распространились два инвазивных вида солнечных кораллов – *Tubastraea coccinea* и *T. tagusensis*, – которые вытеснили, переросли и заменили собой местные кораллы (Creed and others, 2017).

4.4. Индийский океан, Аравийское море, Бенгальский залив, Красное море, Аденский залив и Персидский залив

Данные о чужеродных видах в указанном регионе неполны как в пространственном, так и во временном отношении. Несмотря на размер Индийского океана и разнообразие форм жизни в нем, исследования морских чужеродных видов в этом районе малочисленны и носят в основном качественный и географически разбросанный характер, что приводит к существенным пробелам в знаниях (Indian Ocean Commission, 2016). Например, два вида красных водорослей (*Eucheuma denticulatum* и *Carparhycus alvarezii*), произрастающие на Филиппинах, были завезены в страны на восточном побережье Африки (Кения, Мозамбик и Объединенная Республика Танзания) для целей выращивания, что привело к пагубным последствиям (Bergman and others, 2001; Halling and others, 2013). *K. alvarezii* также была интродуцирована вдоль западного побережья Индии и распространилась в биосферном заповеднике в Маннарском заливе, где оказывает воздействие на местные кораллы (Chandrasekaran and others, 2008). Как и в других районах, намеренная интродукция происходит в результате марикультуры, которая ведется для решения проблемы нехватки продовольствия, и «аквариумной торговли», которая осуществляется с целью получения экономической выгоды, в то время как непреднамеренная интродукция происходит главным образом в результате морского судоходства или перемещения организмов на дрейфующих объектах (Indian Ocean Commission, 2016; Anil and others 2003).

4.5. Северная часть Тихого океана

Северная часть Тихого океана — это крупный и разнообразный в биогеографическом отношении регион, и по нему, как и по другим регионам, данные о чужеродных видах представляются неполноценно. Однако по состоянию на 2012 год в 23 изученных экорегионах (включая Гавайские острова, Соединенные Штаты и северные районы центральной части Индо-Тихоокеанской области) было зафиксировано не менее 747 чужеродных видов, примерно столько же, сколько и в Средиземноморье. Более 70 процентов этих чужеродных видов принадлежат к четырем типам: членистоногие (224), хордовые (оболочники и рыбы) (114), моллюски (110) и кольчатые черви (89) (Lee and Reusser, 2012; Kestrup and others, 2015). 32 процента из них характерны для других районов северной части Тихого океана, 48 процентов характерны для районов за пределами северной части Тихого океана, а 20 процентов являются криптогенными (Lee and Reusser, 2012; Kestrup and others, 2015). В северо-восточной части Тихого океана (368 чужеродных видов) и на Гавайских островах (347 чужеродных видов) наблюдается аналогичное количество вселенцев, в то время как показатели по северо-западной части Тихого океана (208) и северным районам центральной части Индо-Тихоокеанской области (75) ниже, что, возможно, объясняется разной интенсивностью усилий по отбору проб. Кроме того, важно отметить, что в связи с отсутствием систематических обследований по крайней мере в 27 других экорегионах северной части Тихого океана, особенно в Юго-Восточной Азии (Spalding and others, 2007), предполагается, что число чужеродных видов в северной части Тихого океана в целом выше. Был проведен ряд комплексных исследований в меньших пространственных масштабах, объектом которых были конкретные таксономические группы. Например, в Бохайване и китайских портах (Qiao, 2019) обнаружено по крайней мере 6 чужеродных видов планктона и 10 чужеродных видов водорослей, не выявленных в ходе более ранних фоновых исследований (Liu, 2008; Wang and Li, 2006), а в заливе Сан-Франциско насчитывается более 234 чужеродных видов (Cohen and Carlton, 1998).

Как и в других регионах, важными векторами инвазии в северной части Тихого океана являют-

ся сброс балластных вод, обрастание корпусов, намеренное зарыбление, утрата объектов аквакультуры, внедрение связанных с аквакультурой видов, а также торговля аквариумными животными и растениями. Зарыбление и утрата объектов аквакультуры являются более мощными векторами в северо-западной части Тихого океана, чем в его северо-восточной части или на Гавайских островах, что, вероятно, свидетельствует о более интенсивной аквакультуре в Азии. Еще одно различие между северо-восточной и северо-западной частями Тихого океана заключается в большей распространенности чужеродных видов, связанных с аквакультурой, в северо-восточной части (около 42 процентов чужеродных видов), что, вероятно, связано с импортом виргинской устрицы (*Crassostrea virginica*) с атлантического побережья Северной Америки и тихоокеанской устрицы из Азии, в результате чего многие «безбилетные пассажиры» закрепились за пределами своего естественного ареала. Эффективной мерой сокращения масштабов ненамеренного перемещения чужеродных видов в контексте аквакультуры в последние десятилетия стало ужесточение регулирования. В 2011 году сильнейшее землетрясение на востоке Японии и последовавшее за ним цунами стали уникальным вектором перемещения видов, характерных для Японии, на Гавайские острова и в Северную Америку (Carlton and others, 2017; Therriault and others, 2018).

4.6. Южная часть Тихого океана

В отношении разнообразного в географическом, культурном и экологическом плане региона южной части Тихого океана комплексных оценок морской биоинвазии не проводилось. Большая часть имеющейся информации взята из литературы и материалов полевых исследований, проводившихся с конца 1990-х годов в Австралии, Новой Зеландии и Чили. В результате обзора литературы наряду с обследованиями чужеродных видов, проведенными в 41 австралийском транспортном порту в период с 1995 по 2004 год, на всей территории Австралии было выявлено 132 чужеродных вида (Sliwa and others, 2009), причем в одном заливе Порт-Филлип было обнаружено 100 чужеродных видов (Hewitt and others, 2004). Чужеродные виды в большей степени распространены в южной части Австра-

лии с умеренным климатом, чем в тропической северной части (Hewitt, 2002), однако подобные закономерности неоднозначны из-за более низкого таксономического разрешения в отношении тропических районов и факта присутствия в южной части Австралии более крупных городских центров и более длительной истории судоходства (Hewitt and Campbell, 2010). Материалы 43 аналогичных фоновых исследований, проведенных в Новой Зеландии в период с 2001 по 2007 год (Seaward and others, 2015), в сочетании с опубликованными записями, фондами музеев и материалами, представленными в Таксономическую службу по морским инвазивным видам (Cranfield and others, 1998; Kospartov and others, 2010), показывают, что по состоянию на март 2018 года в морских водах страны насчитывалось 377 чужеродных видов (при этом 214 видов считаются прижившимися в новой среде, а остальные 163 вида обнаружены только на судах или временных сооружениях или являются результатом неудачной интродукции). В период с 2010 по 2018 год было зафиксировано 46 новых чужеродных видов, из которых, по-видимому, прижились только 15 (Seaward and Inglis, 2018).

В Чили было зафиксировано по крайней мере 53 морских чужеродных вида (1 вид морской травы, 15 видов водорослей, 26 видов беспозвоночных и 11 видов рыб) (Castilla and Neill, 2009; Turon and others, 2016). Однако велика вероятность, что эти цифры не передают полную картину, поскольку, как представляется, проводилось мало исследований биообрастающих сообществ в портах и гаванях, где интродуцированные виды, как правило, более многочисленны. Например, недавно на Галапагосских островах (Эквадор) было зафиксировано 53 чужеродных вида морских беспозвоночных (Carlton and others, 2019), из которых 30 видов (57 процентов) были впервые обнаружены в ходе исследований биообрастаний в береговых районах у пристаней и на объектах судоходной инфраструктуры. Карденас-Калье и др. (Cárdenas-Calle and others, 2019) выявили 6 чужеродных видов у побережья материковой части Эквадора.

Информация о распределении и воздействии чужеродных видов в тихоокеанских островных странах и территориях носит ограниченный характер, поскольку систематических исследований в этом регионе проводилось относительно

но мало. В ходе исследований, проведенных в Американском Самоа (Соединенные Штаты) в 2002 году, было выявлено 17 чужеродных видов, большинство из которых были обнаружены только в портовой акватории Паго-Паго и относятся к видам, имеющим широкое географическое распространение (Coles and others, 2003). На Гуаме (Соединенные Штаты) было выявлено 40 чужеродных видов (Paulay and others, 2002), а в ходе предварительного обследования биообрастающих сообществ в гавани Макалал (Палау) было выявлено 11 чужеродных видов (Campbell and others, 2016); в обоих случаях чужеродные виды состоят в основном из асцидий, мшанок, гидроидов и двустворчатых моллюсков. На удаленном атолле Пальмира (Соединенные Штаты) было обнаружено 6 чужеродных видов, включая 5 видов беспозвоночных и 1 вид водорослей (Knapp and others, 2011). На Таити (Франция) (Stiger and Payri, 1999) и Тувалу (De Ramon N'Yeurt and Iese, 2013) было зафиксировано вредное цветение фукоидов, предположительно попавших в этот район в результате судоходства.

Более 80 процентов известных чужеродных видов в Австралии и Новой Зеландии попали туда в результате случайной транспортировки в балластных водах или биообрастания (Hewitt and Campbell, 2010; Kospartov and others, 2010), в то время как менее 2 процентов, по имеющимся данным, связаны с намеренной интродукцией видов аквакультуры. Интродукция видов аквакультуры активно ведется в Чили и Перу (Castilla and Neill, 2009), а также в тихоокеанских островных странах и территориях, в которые за последние 50 лет в попытках налаживания промысловых и мелкомасштабных аквакультурных предприятий было намеренно завезено по крайней мере 38 чужеродных видов (Eldredge, 1994). В 1970-е и 1980-е годы характерная для Филиппин зеленая мидия (*Perna viridis*) была поочередно интродуцирована в Новой Каледонии (Франция), на Фиджи, Тонге, островах Общества (Франция), Самоа и Островах Кука (Baker and others, 2007).

4.7. Южный океан

Антарктическое циркумполярное течение выступает в качестве мощного барьера для естественного распространения видов, что, вероятно, обуславливает уникальность сообществ Южного

океана. Кроме того, в Южном океане мало мелководных зон континентальных шельфов, а его фауна недостаточно описана (Brandt and others, 2007). Что касается наиболее вероятных векторов инвазии, то представляется, что чужеродные виды попадают в эти воды либо напрямую в результате деятельности человека, в частности судоходства, либо косвенно в результате перемещения видов на дальние расстояния на искусственном морском мусоре (Lewis and others, 2003; Barnes and others, 2006; Hughes and Ashton, 2017). Важно отметить, что любые чужеродные виды, попавшие в эту среду, должны будут выживать в неблагоприятных условиях. При этом с ростом темпов изменения климата эта среда может оказаться в большей степени подверженной инвазии. По видимости, на сегодняшний день в

5. Перспективы

Интродукция чужеродных видов в результате деятельности человека продолжается, однако в отношении многих регионов невозможно проанализировать динамику их распространения с течением времени, поскольку информация о таких видах либо крайне неполноценно документируется, либо полностью отсутствует. Кроме того, помимо прочих факторов изменения состояния Мирового океана, включая загрязнение воды, сильные штормы и перелов, на изобилие, распространенность и воздействие чужеродных видов может повлиять изменение климата, из-за которого изменится структура принимающих экосистем, где автохтонные виды будут подвергаться все большему стрессу, а также характер человеческой деятельности, что повлечет за собой изменение векторов и путей инвазии. Около 40 процентов населения мира проживает в прибрежных районах, и многочисленные виды деятельности, например судоходство, лодочный спорт, марикультура, загрязнение из расположенных на суше источников, сброс мусора, эксплуатация прибрежных сооружений и освоение береговых районов, производство энергии и добыча ресурсов (добыча нефти и газа, выемка донных отложений и ловля рыбы) и их последствия, способствующие распространению чужеродных видов, оказывают все большее давление на прибрежные морские экосистемы. Прогнозируется, что в таких регионах, как Арктика, в ре-

Южный океан в результате деятельности человека был завезен только североатлантический краб-паук (*Hyas araneus*) (Tavares and de Melo, 2004), но в будущем ситуация, скорее всего, изменится. К потенциальным вселенцам относятся голубая мидия (Lee and Chown, 2007), амурская морская звезда (*Asterias amurensis*) (Byrne and others, 2016) и ундария перистая (*Undaria pinnatifida*) (James and others, 2015). Из-за относительно малого биоразнообразия, простой структуры экосистемы и уникальных сообществ с преобладанием мягкотелых организмов система Южного океана может оказаться особенно уязвимой для интродукции чужеродных видов, в частности хищных видов, способных причинить значительный вред.

зультате изменения природно-климатических условий повысится вероятность появления новых вселенцев из различных таксономических групп (например, Goldsmit and others, 2018). Эти изменения могут также привести к появлению новых маршрутов судоходства: ожидается увеличение интенсивности движения по Северному морскому пути и появление возможности передвижения по Северо-Западному проходу, что, в свою очередь, может привести к увеличению количества чужеродных видов (Miller and Ruiz, 2014).

Несмотря на создаваемую чужеродными видами угрозу, наблюдается значительный дефицит информации о них в имеющихся базах данных и перечнях, и многие трудности, связанные с изучением таких видов и борьбой с ними, обусловлены ограниченностью и неполнотой знаний. Масштабы и широту этого информационного пробела трудно оценить. Объем знаний варьируется в зависимости от таксона, ареала и региона, и недостаток сведений во многом объясняется недоступностью морских экосистем в силу таких факторов, как более высокая стоимость исследований по сравнению с исследованиями других экосистем, недостаточным опытом и отсутствием интереса к чужеродным видам, которые не приносят пользы человеку и не влияют на его потребности. Как правило, последствия инвазии чужеродных видов не документируются должным образом, если только эти

виды не связаны с получением прибыли, либо не оказывают значительного пагубного воздействия. Следовательно, воздействие подавляющего большинства морских чужеродных видов не является предметом количественных или экспериментальных исследований, проводимых в отношении конкретных районов в течение достаточно продолжительных периодов времени, и остается неизвестным, равно как и их кумулятивные и синергетические связи с другими факторами преобразований, влияющими на морскую среду (Ojaveer and others, 2015).

Наиболее эффективной стратегией предотвращения перемещения растений и животных, а следовательно, и сокращения масштабов внедрения и распространения морских чужеродных видов является контроль векторов. Ввиду отсутствия действенных средств, призванных не допустить распространение организмов через основные векторы, принимаемые меры ограничиваются попытками ликвидации, удаления и сдерживания, которые зачастую оказываются тщетными. Чужеродные виды, которые, как достоверно установлено или как предполагается, способны причинять вред и которые были обнаружены, пока еще находились в изолированных условиях, необходимо ликвидировать в целях снижения долгосрочных затрат на борьбу с ними. Как только чужеродные виды широко распространяются, их искоренение или удаление становится практически невозможным, и попытки свести численность популяции до экономически или экологически приемлемого уровня в долгосрочной перспективе редко оказываются успешными (Forrest and Hopkins, 2013). До настоящего времени законодательство, правила и стратегии принимались в порядке реагирования — зачастую после катастрофических и разорительных вспышек, связанных с чужеродными видами, — и носили фрагментарный характер. Конвенция Организации Объединенных Наций по морскому праву⁵ стала первым всемирным юридически обязательным документом, в котором затрагивается проблема намеренного или случайного завоза морских видов. Хотя руковод-

ство по предотвращению интродукции нежелательных водных организмов и патогенов через судовые балластные воды и осадки было разработано в 1991 году, а в 2017 году вступила в силу Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими⁶, контроль за биообрастанием корпусов судов, несмотря на принятое в 2011 году руководство ИМО, пока не является обязательным [ИМО, 2019; IMO resolution MEPC.207(62)]. Кроме того, в своем Стратегическом плане по биоразнообразию на 2011–2020 годы и Айтинских задачах в области биоразнообразия⁷ Конференция сторон Конвенции о биологическом разнообразии призвала идентифицировать и классифицировать по приоритетности инвазивные чужеродные виды и пути их интродукции, обеспечить регулирование или искоренение приоритетных видов и принять меры регулирования путей перемещения к 2020 году — цель, которая не будет достигнута к этому сроку. Цель Рамочной директивы Европейского союза о морской стратегии — обеспечить, в частности, чтобы к 2020 году численность чужеродных видов находилась на уровне, не допускающем негативных изменений в экосистемах, — также, по всей вероятности, не будет достигнута. Регламент (ЕС) № 1143/2014 Европейского парламента и Совета о предотвращении и регулировании интродукции и распространения инвазивных чужеродных видов, которое касается только широко распространенных видов и видов, вызывающих «озабоченность Союза», также вряд ли будет успешным в отношении морских экосистем, учитывая, что на сегодняшний день в перечень был включен только один морской вид. Несмотря на принятие, в том числе в Австралии, Канаде, Новой Зеландии и Соединенных Штатах, ряда нормативных актов национального уровня, до сих пор не существует юридически обязательных и строго контролируемых рамочных программ и инструментов для контроля крупных глобальных и региональных векторов интродукции, таких как биообрастание, вырщивание живых организмов и торговля ими, а также эксплуатация морских каналов.

⁵ Ibid., vol. 1834, No. 31363.

⁶ ИМО, документ BWM/CONF/36, приложение.

⁷ Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде, документ UNEP/CBD/COP/10/27, приложение, решение X/2, приложение.

6. Прочее

Хотя чужеродные виды уже давно признаются серьезной угрозой местному биоразнообразию (Вах and others, 2003), они по большей части не учитываются в планах, положениях и управленческих решениях, касающихся природоохранной деятельности и создания охраняемых районов (Giakoumi and others, 2016; Mačić and others, 2018). В контексте глобальных обязательств по созданию и расширению природоохранных зон (например, задача 11 Айтинских задач в области биоразнообразия, статья 8 Конвенции о биологическом разнообразии и цель 14 в области устойчивого развития) это упущение может поставить под угрозу природоохранные усилия и, в частности, эффективность охраняемых морских районов в регионах, изобилующих чужеродными видами (Galil, 2017; Iacarella and others, 2019). В Карибском бассейне и Мексиканском заливе крупные популяции крылаток (*Pterois volitans* и *P. miles*) обнаруживаются в морских охраняемых районах, где они наносят ущерб местному биоразнообразию (Ruttenberg and others, 2012; Aguilar-Perera and others, 2017). Таким же образом самыми распространенными обитателями морских охраняемых районов в Средиземном море стали многочисленные эритрейские виды, которые вытеснили и заменили собой местные виды, обратив вспять природоохранные усилия и затруднив восстановление запасов экономически и экологически важных видов (Jimenez and others, 2016; Galil, 2018; Stern and Rothman, 2019).

На сегодняшний день в районах за пределами национальной юрисдикции чужеродных видов было обнаружено мало. Возможно, причина в том, что исследования для обнаружения чужеродных видов в этих экосистемах носят ограниченный характер, но также верно и то, что большинство чужеродных видов в мире обнаруживаются в основном в прибрежных водах (на

всех континентах). Кроме того, поскольку океанические абиссальные сообщества мало описаны, возможно, что даже в случае обнаружения потенциальных чужеродных видов они могут оказаться не признаны в качестве таковых и быть классифицированы, по крайней мере на начальном этапе, как местные виды. Именно это произошло в Южной Америке в случае с травянистым растением спартина (*Spartina alterniflora*), когда истинное положение вещей было скрыто из-за «экологического миража» (Bortolus and others, 2015).

Во всем мире морские чужеродные виды представляют серьезную угрозу для биобезопасности и биоразнообразия, однако усилия по определению и смягчению этой угрозы отстают от аналогичных усилий, предпринимаемых в отношении наземных систем, где борьба с сельскохозяйственными и лесными вредителями ведется уже давно. С учетом того, что имеющиеся данные о морских чужеродных видах в силу ограничений, связанных с материально-техническими возможностями и потенциалом, зачастую скудны и отрывочны, необходимо прилагать больше усилий для документирования чужеродных видов, их векторов и путей распространения, а также их воздействия в более широком пространственном масштабе. Потенциальное воздействие чужеродных видов можно смягчить посредством принятия стратегий, направленных на предотвращение интродукции, а также разработки планов раннего обнаружения и быстрого реагирования. Для полного понимания чужеродных видов и в перспективе контроля за ними и их векторами на глобальном уровне необходимы целевое финансирование, политическая воля и наращивание потенциала в связанных с инвазией вопросах. Только таким образом можно обеспечить устойчивость морских экосистем.

Справочная литература

- Aguilar-Perera, A., and others (2017). Lionfish invaded the mesophotic coral ecosystem of the Parque Nacional Arrecife Alacranes, Southern Gulf of Mexico. *Marine Biodiversity*, vol. 47, No. 1, pp. 15–16.
- Anil, Arga, and others (2003). *Ballast Water Risk Assessment: Ports of Mumbai and Jawaharlal Nehru India, October 2003, Final Report*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3554.9768>.

- AquaNIS. Editorial Board (2019). Information system on Aquatic Non-Indigenous and Cryptogenic Species. 23 October, 2019. www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis.
- Baker, Patrick, and others (2007). Range and dispersal of a tropical marine invader, the Asian green mussel, *Perna viridis*, in subtropical waters of the southeastern United States. *Journal of Shellfish Research*, vol. 26, No.2, pp. 345–356.
- Barnes, David K.A., and others (2006). Incursion and excursion of Antarctic biota: past, present and future. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 15, No.2, pp. 121–142.
- Barros Pestana, Lueji, and others (2017). A century of introductions by coastal sessile marine invertebrates in Angola, South East Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 125, No. 1, pp. 426–32. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.041>.
- Bax, Nicholas, and others (2003). Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine Policy*, vol. 27, No.4, pp. 313–323.
- Bergman, Kajsa C., and others (2001). Influence of algal farming on fish assemblages. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 42, No. 12, pp. 1379–1389.
- Bortolus, Alejandro, and others (2015). Reimagining South American coasts: unveiling the hidden invasion history of an iconic ecological engineer. *Diversity and Distributions*, vol. 21, No. 11, pp. 1267–1283.
- Brandt, Angelika, and others (2007). First insights into the biodiversity and biogeography of the Southern Ocean deep sea. *Nature*, vol. 447, No. 7142, p. 307.
- Byrne, Maria, and others (2016). From pole to pole: the potential for the Arctic seastar *Asterias amurensis* to invade a warming Southern Ocean. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 12, pp. 3874–3887.
- Campbell, Marnie L., and others (2016). Marine pests in paradise: capacity building, awareness raising and preliminary introduced species port survey results in the Republic of Palau. *Management of Biological Invasions*, vol. 7, No. 4, pp. 351–363.
- Cárdenas-Calle, M., and others (2019). First report of marine alien species in mainland Ecuador: threats of invasion in rocky shores. In *Island invasives: scaling up to meet the challenge*, C.R. Veitch, and others, eds. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 62, Gland, Switzerland, pp. 452–457.
- Carlton, James T. (1996). Biological invasion and cryptogenic species. *Ecology*, vol. 77, No.6, pp. 1653.
- _____ (1999). The scale and ecological consequences of biological invasions in the world's oceans. In *Invasive Species and Biodiversity Management*, Sandlund Odd Terje and others, eds., p. 431. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Carlton, James T., and others (2019). Assessing marine bioinvasions in the Galápagos Islands: implications for conservation biology and marine protected areas. *Aquatic Invasions*, vol. 14, No.1, pp. 1–20.
- Carlton, James T., and Gregory M. Ruiz (2005). Vector science and integrated vector management in bioinvasion ecology: conceptual frameworks. *Invasive Alien Species: A New Synthesis*, vol. 63, pp. 36.
- Carlton, James T., and others (2017). Tsunami-driven rafting: transoceanic species dispersal and implications for marine biogeography. *Science*, vol. 357, No. 3658, pp. 1402–1406.
- Castilla, Juan C., and Paula E. Neill (2009). Marine bioinvasions in the southeastern Pacific: status, ecology, economic impacts, conservation and management. In *Biological Invasions in Marine Ecosystems*, pp. 439–457. Springer.
- Chan, Farrah T., and others (2013). Relative risk assessment for ballast-mediated invasions at Canadian Arctic ports. *Biological Invasions*, vol. 15, No. 2, pp. 295–308.
- Chandrasekaran, Sivagnanam, and others (2008). Bioinvasion of *Kappaphycus alvarezii* on corals in the Gulf of Mannar, India. *Current Science (00113891)*, vol. 94, No. 9.
- Cohen, Andrew N., and James T. Carlton (1998). Accelerating invasion rate in a highly invaded estuary. *Science*, vol. 279, No. 5350, pp. 555–558.
- Coles, S.L., and others (2003). *Introduced Marine Species in Pago Pago Harbor, Fagatele Bay and the National Park Coast, American Samoa*. Bishop Museum Technical Report 26.
- Costello, Mark John, and others (2010). A census of marine biodiversity knowledge, resources, and future challenges. *PloS One*, vol. 5, No.8, p. e12110.

- Cranfield, H.J., and others (1998). *Adventive Marine Species*. National Institute of Water and Atmospheric Research, Wellington, New Zealand.
- Creed, Joel, and others (2017). The invasion of the azooxanthellate coral *Tubastraea* (Scleractinia: Dendrophylliidae) throughout the world: history, pathways and vectors. *Biological Invasions*, vol. 19, No. 1, pp. 283–305.
- Crooks, Jeffrey A., and others (2011). Aquatic pollution increases the relative success of invasive species. *Biological Invasions*, vol. 13, No. 1, pp. 165–176.
- Darling, John A., and others (2017). Recommendations for developing and applying genetic tools to assess and manage biological invasions in marine ecosystems. *Marine Policy*, vol. 85, pp. 54–64.
- Dauvin, Jean-Claude, and others (2019). The English Channel: Becoming like the Seas around Japan. In *Oceanography Challenges to Future Earth*, pp. 105–120. Springer.
- De Ramon N'Yeurt, Antoine, and Viliamu Iese (2013). Overabundant Invasive Sargassum in Funafuti, Tuvalu – Report.
- Eldredge, Lucius G. (1994). Perspectives in aquatic exotic species management in the Pacific Islands. *Introductions of Commercially Significant Aquatic Organisms to the Pacific Islands*, vol. 17, p. 1.
- Falk-Petersen, Jannike, and others (2011). Establishment and ecosystem effects of the alien invasive red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in the Barents Sea—a review. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, No. 3, pp. 479–488.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2019). FAO Fisheries & Aquaculture – Cultured Aquatic Species Information Programme – *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). 2019. www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/en.
- Forrest, Barrie M., and Grant A. Hopkins (2013). Population control to mitigate the spread of marine pests: insights from management of the Asian kelp *Undaria pinnatifida* and colonial ascidian *Didemnum vexillum*. *Management of Biological Invasions*, vol. 4, No. 4, pp. 317–326.
- Galil, Bella S. (2012). Truth and consequences: the bioinvasion of the Mediterranean Sea. *Integrative Zoology*, vol. 7, No. 3, pp. 299–311.
- _____ (2017). Eyes wide shut: managing bio-invasions in Mediterranean marine protected areas. *Management of Marine Protected Areas: A Network Perspective*. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 187–206.
- _____ (2018). Poisonous and venomous: marine alien species in the Mediterranean Sea and human health. *Invasive Species and Human Health*, vol. 10, p. 1.
- Galil, Bella S., and others (2017). The enlargement of the Suez Canal—Erythraean introductions and management challenges. *Management of Biological Invasions*, vol. 8, No. 2, pp. 141–152.
- Galil, Bella S., and others (2018). East is east and West is west? Management of marine bioinvasions in the Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 201, pp. 7–16.
- Giakoumi, Sylvaine, and others (2016). Space invaders; biological invasions in marine conservation planning. *Diversity and Distributions*, vol. 22, No. 12, pp. 1220–1231.
- Goldsmid, Jesica, and others (2018). Projecting present and future habitat suitability of ship-mediated aquatic invasive species in the Canadian Arctic. *Biological Invasions*, vol. 20, No. 2, pp. 501–517.
- Gómez, Fernando (2019). Comments on the non-indigenous microalgae in the European seas. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 148, pp. 1–2.
- Gouletquer, Philippe, and others (2002). Open Atlantic coast of Europe—a century of introduced species into French waters. In *Invasive Aquatic Species of Europe. Distribution, Impacts and Management*, pp. 276–290. Springer.
- Gracia, Adriana, and others (2011). Guía de las especies introducidas marinas y costeras de Colombia.
- Griffiths, C.L., and others (1992). Marine invasive aliens on South African shores: implications for community structure and trophic functioning. *South African Journal of Marine Science*, vol. 12, No. 1, pp. 713–722.
- Halling, Christina, and others (2013). Introduction of Asian strains and low genetic variation in farmed seaweeds: indications for new management practices. *Journal of Applied Phycology*, vol. 25, No.1, pp. 89–95.

- Herbert, Roger J.H., and others (2016). Ecological impacts of non-native Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) and management measures for protected areas in Europe. *Biodiversity Conservation*, vol. 25, pp. 2835–2865.
- Hewitt, Chad L. (2002). Distribution and biodiversity of Australian tropical marine bioinvasions. *Pacific Science*, vol. 56, No. 2, pp. 213–222.
- Hewitt, Chad L., and M.L. Campbell (2010). The relative contribution of vectors to the introduction and translocation of invasive marine species. Commissioned by The Department of Agriculture, Fisheries and Forestry (DAFF), Canberra. 56pp. www.marinepests.gov.au/what-we-do/research/vectors-introduction-translocation.
- Hughes, Kevin A., and Gail V. Ashton (2017). Breaking the ice: the introduction of biofouling organisms to Antarctica on vessel hulls. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 27, No. 1, pp. 158–164.
- Iacarella, Josephine C., and others (2019). Non-native species are a global issue for marine protected areas. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 17, No. 9, pp. 495–501.
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES) (2005). ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms 2005.
- _____ (2018). ICES Ecosystem overviews: Baltic Sea.
- _____ (2019). ICES VIEWPOINT: Biofouling on Vessels – What is the Risk, and What Might be Done About It? In Report of the ICES Advisory Committee, 2019, vp.2019.01.
- International Council for Science (ICSU) and others (2017). *SDG14 Conserve and Sustainably Use the Oceans, Seas and Marine Resources for Sustainable Development*. International Council for Science.
- Indian Ocean Commission (2016). Marine invasive species: An emerging threat in the Western Indian Ocean. Ebene: Indian Ocean Commission. <https://studyres.com/doc/1377322/marine-invasive-species--commission-de-l-oc%C3%A9an-indien>.
- International Maritime Organization (IMO) (2019). Status of IMO Treaties. Comprehensive information on the status of multilateral Conventions and instruments in respect of which the International Maritime Organization or its Secretary-General performs depositary or other functions.
- James, Kate, and others (2015). Using satellite-derived sea surface temperature to predict the potential global range and phenology of the invasive kelp *Undaria pinnatifida*. *Biological Invasions*, vol. 17, No. 12, pp. 3393–3408.
- Jimenez, Carlos, and others (2016). Veni, vidi, vici: The successful establishment of the lionfish *Pterois miles* in Cyprus (Levantine Sea). *Rapport Commission Internationale Mer Méditerranée*, vol. 41, p. 417.
- Kestrup, Åsa M., and others (2015). Report of Working Group 21 on Non-indigenous Aquatic Species. *PICES Scientific Report*, No. 48, p. I.
- Knapp, I.S., and others (2011). Records of non-indigenous marine species at Palmyra Atoll in the US Line Islands. *Marine Biodiversity Records*, vol. 4.
- Kospartov, M., and others (2010). Non-indigenous and cryptogenic marine species in New Zealand—Current state of knowledge: Interim report. *Report Prepared for MAFBNZ Project BNZ10740*. National Institute of Water and Atmospheric Research, Wellington.
- Lee, Henry, II, and Deborah Reusser (2012). *Atlas of Nonindigenous Marine and Estuarine Species in the North Pacific*. Office of Research and Development, National Health and Environmental Effects Research Laboratory. EPA/600/R/12/631.
- Lee, J.E., and S.L. Chown (2007). *Mytilus* on the move: transport of an invasive bivalve to the Antarctic. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 339, pp. 307–310.
- Lewis, Patrick N., and others (2003). Marine introductions in the Southern Ocean: an unrecognised hazard to biodiversity. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 46, No. 2, pp. 213–223.
- Liu, Ruiyu (2008). *Checklist of Marine Biota of China Seas*. Science Press.
- Lopes, Rubens M., and others (2009). *Informe Sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas No Brasil*. 574.5 INF.
- Mačić, Vesna, and others (2018). Biological invasions in conservation planning: a global systematic review. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, p. 178.

- Mead, Angela, and others (2011). Revealing the scale of marine bioinvasions in developing regions: a South African re-assessment. *Biological Invasions*, vol. 13, No. 9, pp. 1991–2008.
- Meinesz, Alexandre, and B. Hesse (1991). Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Oceanologica Acta*, vol. 14, No. 4, pp. 415–426.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water*. World Resources Institute.
- Miller, A. Whitman, and Gregory M. Ruiz (2014). Arctic shipping and marine invaders. *Nature Climate Change*, vol. 4, No. 6, p. 413.
- Minchin, Dan, and others (2013). Alien species in British brackish and marine waters. *Aquatic Invasions*, vol. 8, No. 1, pp. 3–19.
- Molnar, Jennifer L., and others (2008). Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 6, No. 9, pp. 485–492.
- Narayanaswamy, Bhavani E., and others (2013). Synthesis of knowledge on marine biodiversity in European Seas: from census to sustainable management. *PLoS One*, vol. 8, No.3, pp. e58909.
- Ojaveer, Henn, and Jonne Kotta (2015). Ecosystem impacts of the widespread non-indigenous species in the Baltic Sea: literature survey evidences major limitations in knowledge. *Hydrobiologia*, vol. 750, No. 1, pp. 171–185.
- Ojaveer, Henn, and others (2015). Classification of non-indigenous species based on their impacts: considerations for application in marine management. *PLoS Biology*, vol. 13, No. 4, p. e1002130.
- Ojaveer, Henn, and others (2017). Dynamics of biological invasions and pathways over time: a case study of a temperate coastal sea. *Biological Invasions*, vol. 19, No. 3, p. 799–813.
- Ojaveer, Henn, and others (2018). Historical baselines in marine bioinvasions: Implications for policy and management. *PLoS One*, vol. 13, No. 8, p. e0202383.
- Orensanz, Jose Maria Lobo, and others (2002). No longer the pristine confines of the world ocean: a survey of exotic marine species in the southwestern Atlantic. *Biological Invasions*, vol. 4, Nos. 1–2, pp. 115–143.
- Paerl, Hans W., and Jef Huisman (2009). Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environmental Microbiology Reports*, vol. 1, No. 1, pp. 27–37.
- Paulay, Gustav, and others (2002). Anthropogenic biotic interchange in a coral reef ecosystem: a case study from Guam. *Pacific Science*, vol. 56, No. 4, pp. 403–422.
- Pérez, Julio, and others (2007). Especies marinas exóticas y criptogénicas en las costas de Venezuela. *Boletín Del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, vol. 46, No. 1.
- Qiao, Bing (2019). Technical methods for determining the baseline, causal relationship and degree of marine ecological environment damage + 2019 annual scientific and technological progress report. In *Science and technology report of the people's Republic of China No.400001918-2016YFC0503602/0 (to be disclosed)*, pp. 18–22.
- Reise, Karsten, and others (2002). Introduced Marine Species of the North Sea Coasts. In *Invasive Aquatic Species of Europe. Distribution, Impacts and Management*, Erkki Leppäkoski, Stephan Gollasch, and Sergej Olenin, eds., pp. 260–266. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Richardson, David M., and others (2011). A Compendium of Essential Concepts and Terminology in Invasion Ecology. In *Fifty Years of Invasion Ecology: The Legacy of Charles Elton*, pp. 409–420. John Wiley & Sons.
- Ruiz, Gregory M., and others (1997). Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. *American Zoologist*, vol. 37, No. 6, pp. 621–632.
- Ruiz, Gregory M., and others (2000). Global spread of microorganisms by ships. *Nature*, vol. 408, No. 6808, p. 49.
- Ruiz, Gregory M., and others (2015). Invasion history and vector dynamics in coastal marine ecosystems: A North American perspective, *Aquatic Ecosystem Health & Management*, vol. 18, No. 3, pp. 299–311.
- Ruttenberg, Benjamin I., and others (2012). Rapid invasion of Indo-Pacific lionfishes (*Pterois volitans* and *Pterois miles*) in the Florida Keys, United States: evidence from multiple pre-and post-invasion data sets. *Bulletin of Marine Science*, vol. 88, No. 4, pp. 1051–1059.

- Sancholle, M. (1988). Présence de *Fucus spiralis* (Phaeophyceae) en Méditerranée occidentale. *Cryptogamie Algologie*, vol. 9, No. 2, pp. 157–161.
- Schlaepfer, Martin A., and others (2011). The Potential Conservation Value of Non-Native Species. *Conservation Biology*, vol. 25, No. 3, pp. 428–437.
- Schröder, V., and Carlos Garcia de Leaniz (2011). Discrimination between farmed and free-living invasive salmonids in Chilean Patagonia using stable isotope analysis. *Biological Invasions*, vol. 13, No. 1, pp. 203–213.
- Schwindt, Evangelina, and Alejandro Bortolus (2017). Aquatic invasion biology research in South America: Geographic patterns, advances and perspectives. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, vol. 20, No. 4, pp. 322–333.
- Schwindt, Evangelina and others (2020). Past and Future of the Marine Bioinvasions along the Southwestern Atlantic. *Aquatic Invasions*, vol. 15, No. 1, pp. 11–29.
- Seaward, Kimberley, and Graeme Inglis (2018). *Long-Term Indicators for Non-Indigenous Species (NIS) in Marine Systems*. NIWA Client Report CHC2016-024.
- Shatkin, Greg (1997). Considerations regarding the possible introduction of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) to the Gulf of Maine: a review of global experience. *Journal of Shellfish Research*, vol. 16, pp. 463–478.
- Sliwa, Cathryn, and others (2009). Marine bioinvasions in Australia. In *Biological Invasions in Marine Ecosystems*, pp. 425–437. Springer.
- Spalding, Mark D., and others (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, vol. 57, No. 7, pp. 573–583.
- Stern, Nir, and Shevy B.S. Rothman (2019). Divide and conserve the simultaneously protected and invasive species. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 29, No. 1, pp. 161–162.
- Stiger, Valérie, and Claude Payri (1999). Spatial and seasonal variations in the biological characteristics of two invasive brown algae, *Turbinaria ornata* (Turner) J. Agardh and *Sargassum mangarevense* (Grunow) Setchell (Sargassaceae, Fucales) spreading on the reefs of Tahiti (French Polynesia). *Botanica Marina*, vol. 42, No. 3, pp. 295–306.
- Tavares, Marcos, and Gustavo A.S. de Melo (2004). Discovery of the first known benthic invasive species in the Southern Ocean: the North Atlantic spider crab *Hyas araneus* found in the Antarctic Peninsula. *Antarctic Science*, vol. 16, No. 2, pp. 129–131.
- Teixeira, Larissa M.P., and Joel C. Creed (2020). A decade on: an updated assessment of the status of marine non-indigenous species in Brazil. *Aquatic Invasions* vol. 15, No. 1, pp. 30–43.
- Therriault, Thomas W., and others (2018). The invasion risk of species associated with Japanese tsunami marine debris in Pacific North America and Hawaii. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 132, pp. 82–89.
- Tsiamis, Konstantinos, and others (2019). Non-indigenous species refined national baseline inventories: A synthesis in the context of the European Union's Marine Strategy Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 145, pp. 429–435.
- Turon, Xavier, and others (2016). Too cold for invasions? Contrasting patterns of native and introduced ascidians in subantarctic and temperate Chile. *Management of Biological Invasions*, vol. 7, No. 1, pp. 77–86.
- United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2002). *COP 6 Decision VI/23. Alien Species That Threaten Ecosystems, Habitats or Species. The Hague, 7–19 April 2002*.
- Wan, Shuwen, and others (2009). The positive and negative effects of exotic *Spartina alterniflora* in China. *Ecological Engineering*, vol. 35, No. 4, pp. 444–452.
- Wang, Xiulin, and Keqiang Li (2006). Appendix I List of Phytoplankton and Red Tide Reasons in Bohai Sea. *Marine Environmental Capacity of Major Chemical Pollutants in Bohai Sea*. Science Press. pp. 311–316.
- Ware, Chris, and others (2016). Biological introduction risks from shipping in a warming Arctic. *Journal of Applied Ecology*, vol. 53, No. 2, pp. 340–349.
- Williamson, Mark Herbert (1996). *Biological Invasions*. London, New York: Chapman & Hall.

Глава 23

Изменения в области исследования и использования морских генетических ресурсов

Участники: Роберт Бласяк и Эллен Кенчингтон (совместные координаторы), Хесус М. Арриета, Хорхе Рафаэль Бермудес-Монсальве, Борис Ваврик, Елена Виейра, Карлос Гарсия-Сото (соведущий участник), Эбе Диониси, Ильконида Калумпонг (соведущий участник), Санаэ Тиба (ведущий участник) и Шао Чанвэй.

Ключевые тезисы

- Продолжает расширяться список направлений прикладного применения морских генетических ресурсов в коммерческих и некоммерческих целях.
- Стремительное снижение затрат на секвенирование и синтез генов, а также быстрый прогресс в области метаболической инженерии и синтетической биологии в биотехнологическом секторе привели к тому, что ученые стали меньше полагаться на физические образцы и все больше пользоваться расширяющимися в геометрической прогрессии общедоступными базами данных о генетических последовательностях.
- Значительный интерес продолжают вызывать губки и водоросли, природные соединения которых содержат биоактивные свойства.
- В контексте целей в области устойчивого развития¹ остаются нерешенными вопросы формирования потенциала, причем большинство исследований и разработок, связанных с морскими генетическими ресурсами, ведутся структурами, расположенными лишь в небольшом количестве стран.
- К числу международных процессов и соглашений, касающихся морских генетических ресурсов, относятся Нагойский протокол регулирования доступа к генетическим ресурсам и совместного использования на справедливой и равной основе выгод от их применения к Конвенции о биологическом разнообразии² и Межправительственная конференция по международному юридически обязательному документу на базе Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву³ о сохранении и устойчивом использовании морского биологического разнообразия в районах за пределами действия национальной юрисдикции⁴.

1. Введение

Океан является домом для огромного разнообразия форм жизни, представляющих собой богатый источник морских генетических ресурсов, т. е. генетического материала морского происхождения, содержащего функциональные единицы наследственности, имеющие фактическую или потенциальную ценность, характеризующиеся высоким биологическим и химическим разнообразием (Appeltans and others, 2012; United Nations, 2017). Уже описано более 34 000 морских природных соединений, причем в последнее время число открытий достигло более 1 000 соединений в год (Lindequist, 2016; Carroll and others, 2019). В общей сложности с 2008 года было описано 188 новых морских природных соединений, полученных из глубоководных организмов (бриозои, хордовые, кишечнополостные, иглокожие, моллюски, пириферы и микробы) (Skropeta and Wei,

2014). Примерно 75 процентов этих новых соединений обладают поразительной биоактивностью, причем 50 процентов из них проявляют умеренную или высокую степень цитотоксичности по отношению к целому ряду линий раковых клеток человека. Хотя биоактивность многих морских природных соединений предполагает наличие высокого потенциала в плане создания новых лекарственных средств, на сегодняшний день успехом на рынке пользуются только 13 основанных на морских соединениях препаратов (Liang and others, 2019; Mayer and others, 2010)⁵. Вместе с тем на момент написания этой главы в клинических испытаниях принимали участие 28 кандидатов (Alves and others, 2018). В настоящее время исследования средств против морского обрастания сосредоточены на выявлении пригодных нетоксичных веществ, и в ходе недав-

¹ См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

² Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде, документ UNEP/CBD/COP/10/27, приложение, решение X/1.

³ United Nations, *Treaty Series*, vol. 1834, No. 31363.

⁴ См. резолюцию 72/249 Генеральной Ассамблеи.

⁵ См. Midwestern University, "Clinical Pipeline, Marine Pharmacology".

него обзора было подсчитано, что в дополнение к веществам, полученным из макро- и микродорослей, выделенных в первой «Оценке состояния Мирового океана» (United Nations, 2017), более 198 противоположающихся соединений получены из морских беспозвоночных, в частности губок, горгонарий и мягких кораллов (Qi and Ma, 2017). В ходе инновационных исследований также удалось выявить ингредиенты, полученные из выброшенной рыбы и подходящие для использования в косметике высокого класса и ряде других продуктов (Young, 2014). По состоянию на 2018 год на рынке было представлено в общей сложности 76 общедоступных косметических ингредиентов, полученных из морских природных соединений, в связи с чем был выявлен новый сектор роста (Calado and others, 2018). В то же время, как было предусмотрено в первой «Оценке», быстро возрос потребительский спрос на нутрицевтики. Ожидается, что объем мирового рынка нутрицевтиков достигнет к 2025 году 580 млрд долл. США, что более чем в три раза превысит запланированный на 2017 год показа-

тель в 180 млрд долл. США, который был приведен в первой «Оценке», причем рыночный рост обусловлен активизацией инновационной деятельности и повышением уровня осведомленности потребителей (Grand View Research, 2017). Значительную долю мирового рынка составляют нутрицевтики морского происхождения, такие как рыбий жир и коллаген, и ожидается, что в Азиатско-Тихоокеанском регионе, в частности в Китае и Индии, спрос на эти продукты будет расти (Suleria and others, 2015).

Хотя морские генетические ресурсы и приобретают все большее значение для глобальной «голубой» экономики, большая часть коммерческой деятельности сосредоточена в сравнительно небольшом числе стран, что позволяет предположить наличие возможностей для передачи технологии и формирования потенциала (Thompson and others, 2017; Blasiak and others, 2018). В настоящее время ведется несколько международных процессов, касающихся генетических ресурсов, включая морские генетические ресурсы.

2. Тенденции в период между 2010 и 2020 годами

Ключевую роль в достижении недавнего прогресса в области исследования и разработки морских генетических ресурсов играют технические новшества. Все чаще происходят открытия новых морских молекул и их источников, особенно начиная с 1970-х годов (рис. 1). К ноябрю 2019 года было задокументировано в общей сложности 34 197 морских природных соединений (Carroll and others, 2019). Такое увеличение, скорее всего, обусловлено использованием современных методов отбора проб и анализа, которые позволяют отбирать новые морские генетические ресурсы на больших глубинах и охватывать более широкий спектр химического разнообразия веществ. Примерно 11 процентов морских генетических ресурсов, с которыми связаны патентные заявки, обнаружены в глубоководных сообществах и сообществах гидротермальных источников, что отражает активизацию исследований в удаленных и экстремальных океанических средах (Blasiak and others, 2018). Вместе с тем по сравнению со всем спектром морских природных веществ количество морских генетических ресурсов, собранных на глубинах более 50 м, остается незна-

чительным (Skropeta and Wei, 2014). Благодаря разработке инновационных методик проверки также все быстрее происходят открытия ферментов морских организмов (Ferrer and others, 2019). Ферменты микроорганизмов, адаптированных к экстремальным условиям, представляют особый интерес с точки зрения их применения в промышленных процессах, поскольку они зачастую сохраняют активность в сложных условиях эксплуатации (Birolli and others, 2019).

2.1. Основные моменты коммерческого применения

2.1.1. Применение в фармацевтической отрасли

Управление Соединенных Штатов по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов и Европейское медицинское агентство уже разрешили продавать на рынке 13 лекарственных препаратов, основанных на морских соединениях, причем шесть из них продаются уже с 2010 года. Большинство препаратов, основанных на морских соединениях, раз-

работаны для противоопухолевой химиотерапии (Calado and others, 2018; Liang and others, 2019; Mayer and others, 2010⁶). С момента утверждения цитарабина в качестве противоракового средства в 1969 году одним из наиболее перспективных источников веществ, используемых в противораковых препаратах, считаются губки (Hu and others, 2015; см. раздел 2.3 ниже). Кроме того, весьма важными источниками морских природных соединений наравне с рыбами являются другие морские беспозвоночные, такие как оболочник и улитка-конус. В 2015 году Управление Соединенных Штатов по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов одобрило трабектедин (ET-743) в качестве препарата для лечения саркомы мягких тканей и рака яичников, а в 2018 году Управление Австралии по терапевтическим средствам одобрило плитидепсин в качестве препарата для лечения множественной миеломы, лейкемии и лимфомы (см. Mayer and others, 2010)⁷. Совсем недавно, в 2020 году, лурбинектедин был одобрен в качестве препарата для лечения метастатического мелко-клеточного рака легких (см. Mayer and others, 2010)⁸. Во всех трех случаях соответствующие соединения были получены из оболочников. Еще одним источником фармацевтических средств являются макроводоросли. Например, ОлигоГ, олигоальгинат с определенной структурой, полученный из бурых водорослей, в настоящее время находится на II фазе клинических испытаний для лечения кистозного фиброза (Rye and others, 2018), а биополимер красных водорослей Каррагелоза, обладающий широким спектром антивирусных свойств, используется для лечения респираторных заболеваний (Haskl, 2017).

2.1.2. Применение в космецевтической отрасли

Одним из самых быстрорастущих рынков коммерческого сбыта морских природных соединений является рынок космецевтических средств (косметика с фармацевтическими свойствами). Основанные на таких веществах препараты отличаются более коротким циклом разработки по сравнению с фармацевтическими и нутри-

цевтическими продуктами, что приводит к более стремительному росту (Rampelotto and Trincone, 2018). Эти новые продукты с биологически активными ингредиентами представляют собой совершенно новый вид косметического ухода, который станет одной из характерных особенностей ближайших десятилетий. Большинство космецевтических препаратов получают из макро- и микроводорослей, однако все большее их количество создают в ходе морских биотехнологических процессов, в которых участвуют микроорганизмы, такие как бактерии и грибки (Calado and others, 2018). Вместе с тем с некоторыми косметическими ингредиентами связаны экологические проблемы (Juliano and Magrini, 2017).

2.1.3. Применение в пищевой и кормовой промышленности

С потреблением Омега-3-полиненасыщенных жирных кислот с длинной цепью связаны многочисленные положительные эффекты для здоровья (Ruxton and others, 2007). Вместе с тем производство таких видов аквакультуры, которые богаты этими жирными кислотами, по-прежнему зависит от наличия кормов на основе рыбы. В связи с этим значительный интерес вызывает разработка водорослевых масел и альтернативных генетически измененных культур, таких как Омега-3-полиненасыщенные жирные кислоты с длинной цепью. Первоначальные усилия были сосредоточены на маслячных культурах с использованием ферментов морских видов (т.е. морских водорослей) (Ruiz-Lopez and others, 2014; Zhao and Qiu, 2018). Агропромышленные корпорации подали заявки на патенты, связанные с этими инновациями, и к 2020 году планируется запустить масштабное производство (Sprague and others, 2017). Кроме того, помимо непосредственного использования макроводорослей в качестве пищи для людей, их применение в качестве кормовых добавок может привести к сокращению объема биологического метана, выделяемого в животноводстве (Roque and others, 2019; Costello and others, 2019). Микроводоросли также становятся одним из важных видов биотоплива (Fedder, 2013).

⁶ См. Midwestern University, "Clinical Pipeline, Marine Pharmacology".

⁷ Ibid.

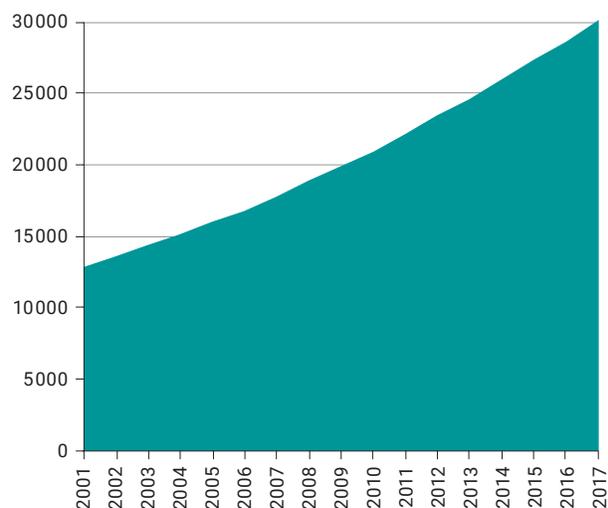
⁸ Ibid.

Рисунок I

Последние тенденции, связанные с морскими генетическими ресурсами

Рисунок I.A

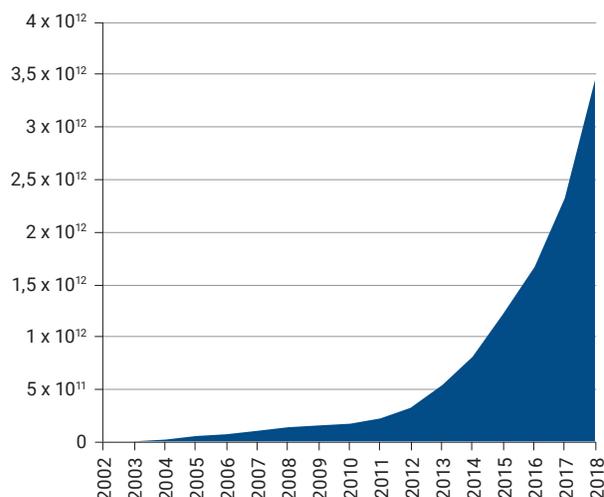
Число обнаруженных морских природных соединений (общее)



Источник: Carroll and others, 2019.

Рисунок I.B

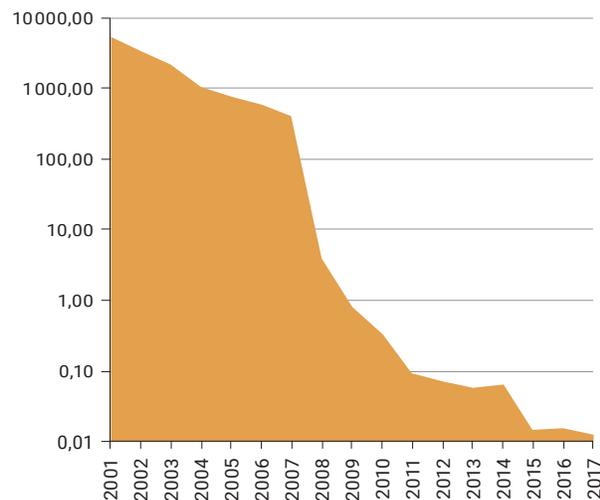
Число данных о последовательностях, хранящихся в «Генбанке» (совокупное число спаренных оснований)



Источник: United States National Institutes of Health (Wetterstrand, 2018; National Center for Biotechnology Information (NCBI), 2018).

Рисунок I.C

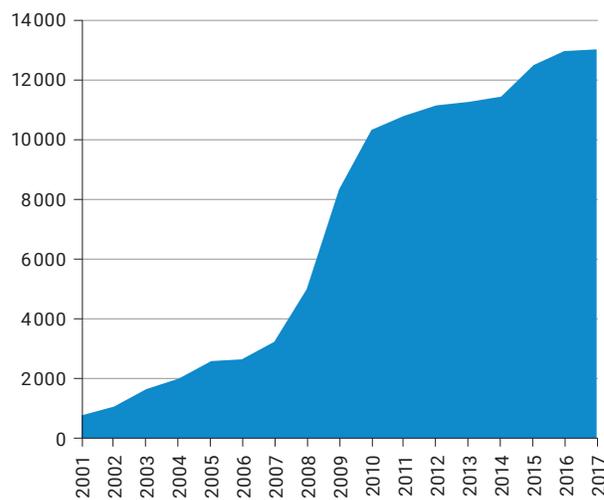
Затраты на секвенирование (долл. США на спаренное основание)



Источник: National Human Genome Research Institute.

Рисунок I.D

Число морских последовательностей, с которыми связаны патенты (общее)



Источник: Blasiak and others, 2018.

2.2. Расширение общедоступных баз данных о генетических последовательностях

Общедоступные архивы данных являются неотъемлемой частью современных биологических исследований (Ellenberg and others, 2018; Rigden and Fernandez, 2019), в значительной степени потому, что быстрое развитие технологий за последние два десятилетия позволило существенно расширить доступность технологий секвенирования нуклеиновых кислот. Только за последнее десятилетие стоимость базы секвенирования снизилась более чем на четыре порядка (Wetterstrand, 2018), а объемы общедоступных хранилищ данных увеличились в несколько раз (см. рис. 1). В целом количество баз в «Генбанке» удваивается – начиная с 1982 года – примерно каждые 18 месяцев (NCBI, 2018).

Хотя объем общедоступных баз данных значительно увеличился, есть все основания полагать, что в современных знаниях о существующем генетическом разнообразии в океане все еще имеются значительные пробелы. Наилучшими доказательствами такой интерпретации происходящего являются результаты исследований на основе омиков. По итогам самого последнего и всеобъемлющего исследования морского генетического разнообразия эукариотических царств удалось выявить около 53 миллионов генов (Carradec and others, 2018), примерно половина из которых не показала никакого сходства с существующими белками (de Vargas and others, 2015). Кроме того, по оценкам, в океаническом планктоне обитает около 150 000 видов эукариот, что намного превышает число формально описанных видов, которых насчитывается 11 200 (de Vargas and others, 2015). Благодаря таким крупномасштабным инициативам, как «Тара океаны» (Sunagawa and others, 2015) и «День океанических проб» (Kopf and others, 2015), удается получать огромные объемы информации, которая помогает углублять понимание микробного разнообразия, существующего в океане в глобальном масштабе (Coutinho and others, 2018). Полученные общедоступные наборы данных представляют собой важный источник информации для проведения исследований

о генетических последовательностях (Kamble and others, 2019) и позволяют открывать новые направления в исследованиях, такие как использование ДНК объектов окружающей среды в молекулярной экологии и в оценке разнообразия (Seymour, 2019).

2.3. Показательное исследование

В 2018 году были опубликованы два всеобъемлющих тома, посвященных морским биотехнологиям. В первом из них систематически описываются последние события в секторе морских биотехнологий и делается попытка определить его нынешний и будущий экономический потенциал (Rampelotto and Trincone, 2018), а во втором, помимо аспектов научных исследований и разработок, рассматриваются вопросы права интеллектуальной собственности и защиты, предоставляемой в контексте патентных притязаний (Guilloux, 2018). В предыдущие исследования по патентам, связанным с морскими генетическими ресурсами (Arrieta and others, 2010; Arnaud-Haond and others, 2011), были включены новые результаты анализа, в ходе которого были выявлены патентные притязания, связанные с 12 998 генетическими последовательностями 862 морских видов (Blasiak and others, 2018). За подачу патентных притязаний, охватывающих 98 процентов этих последовательностей, отвечали субъекты, расположенные или имеющие штаб-квартиры в 10 странах, в то время как 165 стран представлены не были (Blasiak and others, 2018).

Четырехлетний проект по экосистемам губок SponGES⁹, финансируемый с 2016 года в рамках исследовательской и инновационной программы Европейского Союза «Горизонт-2020», направлен на совмещение геологоразведочных работ с биоразведкой в целях промышленного применения соединений, а именно в целях создания новых лекарственных препаратов и осуществления тканевой инженерии. Самый богатый и наиболее плодovitый источник новых морских природных соединений представляют собой губки и связанные с ними микроорганизмы, на долю которых приходится около 30 процентов (почти 5000) из описанных на сегодняшний день соединений (Mehbub and others, 2014).

⁹ См. www.deepseasponges.org.

С 2001 по 2010 год из 671 вида губок удалось выделить более 2400 природных соединений (Mehbub and others, 2014). В рамках исследований SponGES уже удалось выявить неожиданное микробное разнообразие и ставший результа-

том этого биотехнологический потенциал, включая нетрадиционные С30 стерины и новые барреттиды, обладающие противооплавающим потенциалом (Lauritano и Ianora, 2018).

3. Экономические и социальные последствия и изменения

Интерес к исследованию и использованию морских генетических ресурсов возрастает одновременно со стремительным прогрессом в глобальной индустрии биотехнологий и увеличением числа инициатив по изучению потенциала «голубой» экономики (Wynberg and Laird, 2018). Относительно экономического потенциала морских генетических ресурсов, в частности в районах за пределами действия национальной юрисдикции, существуют различные мнения (Leary, 2018; Blasiak and others, 2020). Вместе с тем постоянное проведение клинических испытаний все новых морских препаратов предполагает значительный интерес к ним с учетом того, что процесс вывода нового препарата на рынок может стоить до 2,8 млрд долл. США (Wouters and others, 2020) и занять от 10 до 15 лет (Blasiak and others, 2019).

Нормативные рамки, регулирующие доступ к морским генетическим ресурсам и их последующее использование, различаются в зависимости от того, находятся ли эти ресурсы в районах действия национальной юрисдикции или за ее пределами. Первые подпадают под действие Конвенции о биологическом разнообразии¹⁰ и Нагойского протокола к ней. Морские генетические ресурсы в районах за пределами действия национальной юрисдикции являются одной из тем пакета вопросов, по которому в настоящее время ведутся переговоры после принятия в декабре 2017 года резолюции 72/249 Генеральной Ассамблеи, в которой Ассамблея постановила созвать межправительственную конференцию, чтобы составить текст международного юридически обязательного документа на базе Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву о сохранении и устойчивом использовании

морского биологического разнообразия в районах за пределами действия национальной юрисдикции. В 2018 и 2019 годах состоялись три заседания конференции, а четвертое должно было состояться в 2020 году. Конференции было поручено рассмотреть, в частности, тему морских генетических ресурсов, включая вопросы совместного использования выгод.

Обсуждение вопроса о том, следует ли рассматривать и регулировать использование цифровых данных и информации о последовательностях, проходит в контексте как межправительственной конференции, так и Конвенции о биологическом разнообразии и Нагойского протокола к ней. По этому вопросу и связанной с ним терминологии были высказаны различные мнения. В 2019 году Исполнительный секретарь Конвенции о биологическом разнообразии поручил провести исследование в отношении самого понятия и сферы охвата цифровой информации о последовательностях (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2020), отслеживаемости и баз данных, а также внутренних мер. Результаты этих исследований были опубликованы по завершении открытого периода обзора.

Наконец, в 2017 году Генеральная Ассамблея Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) продлила действие мандата Межправительственного комитета ВОИС по интеллектуальной собственности, генетическим ресурсам, традиционным знаниям и фольклору и согласилась с тем, что ему следует, в частности, продолжать ускоренную работу над подготовкой соглашения, касающегося интеллектуальной собственности, которое обеспечит сбалансированное и эффективное сохранение генетических ресурсов¹¹.

¹⁰ United Nations, *Treaty Series*, vol. 1760, No. 30619.

¹¹ См. Всемирная организация интеллектуальной собственности, документ WO/GA/49/21.

Все эти нормативные рамки применимы только к странам, подписавшим соответствующие документы, и поэтому они регулируют только мор-

ские генетические ресурсы, собранные в государствах или государствами, которые являются участниками соответствующих документов.

4. Ключевые региональные изменения в области знаний и их последствия

В первой «Оценке» основное внимание было уделено не региональным оценкам и обзорам, а общему обзору морских генетических ресурсов. Отчасти это объясняется тем, что резюме с информацией о тенденциях в регионах получить непросто. Ниже приводится краткое описание региональных вопросов, касающихся Тихого, Южного и Северного Ледовитого океанов, а также выделяются тенденции за последнее десятилетие. Использование морских природных соединений из Средиземного моря и Атлантического океана носит относительно более ограниченный характер (Skropeta and Wei, 2014), однако Средиземноморье, отличающееся богатым биоразнообразием, является одним из потенциальных источников новых фармацевтических средств и нутрицевтиков (Briand, 2010).

Скропета и Вэй (Skropeta and Wei (2014)) провели обновленный региональный анализ своих сообщений о морских природных соединениях 2008 года и установили, что, хотя доля морских природных соединений из Австралии по-прежнему высока (24 процента), наблюдается заметное увеличение числа сообщений о метаболитах, полученных из образцов глубоководных осадочных пород в Южно-Китайском море (до 18 процентов) и в Тихом океане, в том числе в морских зонах у побережья Гуама (Соединенные Штаты) и Палау (до 17 процентов). Это увеличение объясняется расширением доступа к удаленным глубоководным районам (Skropeta and Wei, 2014), причем региональные тенденции разведки морских природных соединений связаны, скорее, не с региональным биоразнообразием, а с повы-

шенной доступностью обитаемых подводных аппаратов и траловых операций. Повышение доступности глубоководной среды отразилось и на пространственном распределении открытий таких ресурсов по глубинам, поскольку в 2008 году лишь 8 процентов морских природных соединений были получены из организмов, обнаруженных на глубинах более 1000 метров, тогда как к 2013 году на долю таких организмов приходилось 37 процентов открытий (Skropeta and Wei, 2014).

Деятельность в регионе Антарктики регулируется Договором об Антарктике¹² и соответствующими соглашениями, совместно известными как система Договора об Антарктике (Oldham and Kindness, 2020). В рамках системы Договора об Антарктике обсуждается и вопрос о биоразведке, однако в контексте тем управления, связанных с исследовательской деятельностью, этикой и совместным использованием выгод, он является крайне непростым. На фоне увеличения числа научных исследований, проводимых в Антарктике в целом, увеличивается и число исследований в области биоразнообразия, и в США и Европе подается все больше патентных заявок, имеющих отношение к организмам, обитающим в Антарктике (Oldham and others, 2014; Oldham and Kindness, 2020).

Хотя исследования в области биотехнологического потенциала генетических ресурсов Арктики в основном проводятся в исключительных экономических зонах арктических государств, для Арктики создана модель проведения совместных международных исследований (Leary, 2008).

5. Пробелы в формировании потенциала

Многие государства сталкиваются с проблемами, мешающими им непосредственно участвовать в исследованиях морских генетических ресурсов.

К числу таких проблем относятся ограниченные знания о биоразнообразии, недостаточный потенциал с точки зрения как объектов, так и тех-

¹² United Nations, *Treaty Series*, vol. 402, No. 5778.

Рисунок II.A

Количество и распределение научно-исследовательских судов в разбивке по государствам флага по состоянию на июнь 2019 года

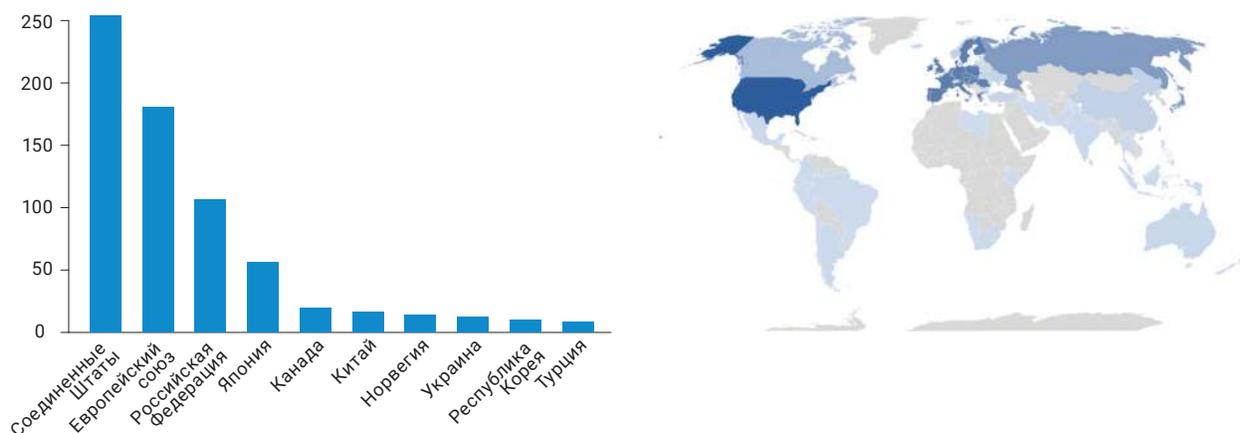
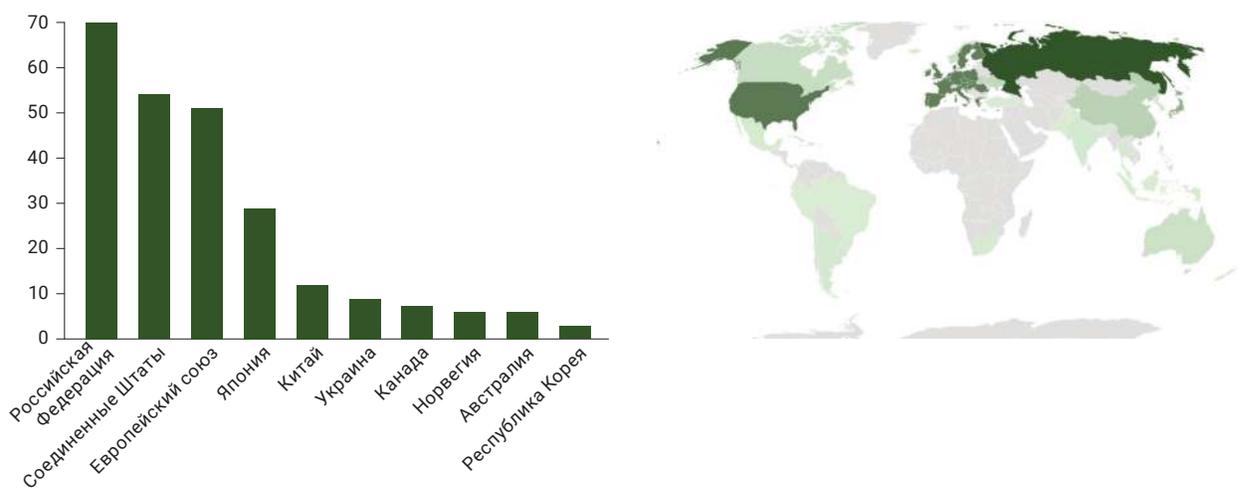


Рисунок II.B

Количество и распределение научно-исследовательских судов с возможностью выхода в открытое море (длиной 60 м и более) по состоянию на июнь 2019 года



Источник: База данных международных научно-исследовательских судов.

нического опыта, ограниченные финансовые ресурсы на исследования и разработки, нехватка опыта в использовании механизмов получения доступа к генетическим ресурсам и совместного использования выгод, а также недостаточно развитое сотрудничество между академическим, правительственным и частным секторами (Thompson and others, 2017). Залогом устранения некоторых из этих трудностей является реализация инициатив по формированию потенциала, таких как создание в Бразилии Национальной сети

исследований в области морской биотехнологии (Thompson and others, 2018).

Винберг (Wynberg, 2016) отметила быстрое расширение исследовательской деятельности в западной части Индийского океана, в частности вдоль восточного и южного побережий Африки, последнее из которых отличается более богатым биоразнообразием и эндемизмом. Такие исследования в основном проводятся развитыми странами из других регионов, и лишь немногие страны, расположенные в западной части

Индийского океана, за исключением Южной Африки и Кении, участвуют в них в качестве партнеров. Сравнительно небольшое число стран эксплуатируют свои собственные научно-исследовательские суда, и лишь немногие располагают возможностями для сбора коллекций в районах за пределами действия национальной юрисдикции или в глубоководной морской сре-

де (рис. II). Хотя базы данных о генетических последовательностях доступны всем странам мира, во многих из них отсутствует киберинфраструктура, необходимая для получения доступа к таким базам данных или для создания сопоставимых национальных баз данных и управления ими (Thompson and others, 2017).

6. Методологические проблемы и будущие тенденции

6.1. Нововведения в подходах на основе омиков

В последние десятилетия инновации в технологиях, используемых для анализа биомолекул, способствовали более комплексному изучению морских организмов и их сообществ (Coutinho and others, 2018). Технологии высокопроизводительного секвенирования позволяют обеспечить большой охват при анализе микробных сообществ, технологии одномолекулярного секвенирования помогают получать длинные последовательности из ДНК и РНК, а портативные устройства для секвенирования в реальном времени могут быть полезными в полевых условиях (Ip and others, 2015). В настоящее время основное внимание уделяется разработке платформ секвенирования для их использования в конкретных целях, а также увеличению длины считывания и улучшению вывода последовательностей при одновременном снижении частоты ошибок при секвенировании (Wuyts and Segata, 2019). Залогом получения менее фрагментированных наборов данных является увеличение длины считывания и точности последовательности. Кроме того, создавать большие каталоги полных последовательностей белков из сложных наборов метагеномных данных можно благодаря сборке выведенных последовательностей аминокислот, а не данных ДНК (Steinegger and others, 2019). В отличие от экологических исследований, для применения биотехнологий необходимы полноценные белки и генные кластеры.

В то время как платформы высокопроизводительного секвенирования значительно облегчили сбор данных о последовательностях, определение функций предсказываемых генов, белков и метаболических путей остается проблематичным

(Woyke и др., 2019). Зачастую определить предполагаемую функцию невозможно или можно сделать только общие функциональные прогнозы, в частности, для ферментов. Экспериментальное присваивание характеристик отдельным последовательностям, обладающим биотехнологическим потенциалом, представляет собой трудоемкий и дорогостоящий процесс. В целях открытия новых биокатализаторов и вариантов ферментов с улучшенными характеристиками параллельно ведется генный синтез и разрабатываются бесклеточные системы экспрессии для производства белков и прецизионные методы скрининга высокой производительности (Rolf and others, 2019). Положительное влияние на биооткрытия также оказывают достижения в системах обнаружения, используемых в функциональной метагеномике – другом подходе к биоразведке (van der Helm and others, 2018).

Несмотря на последние достижения в области технологий секвенирования, получить высококачественные почти полные геномы из некультивируемых микроорганизмов по-прежнему непросто. Благодаря секвенированию геномов одиночных клеток микробов и реконструкции геномов из сложных массивов метагеномных данных геномную информацию удалось получить из тысяч некультивируемых морских микроорганизмов (Parks and others, 2017; Coutinho and others, 2018; Tully and others, 2018), что позволило создать общедоступный ресурс, при помощи которого можно проводить биоразведочные работы. Вместе с тем для повышения полноты таких геномов и снижения уровня загрязнения, которое свойственно коктейлю ДНК, образующемуся – до амплификации – при использовании этих некультурозависимых подходов, необходимо добиться технологического про-

гресса (Woyke and others, 2019). Анализ геномов некультивируемых микроорганизмов также упрощается благодаря методу метагеномного определения конформации хромосом (мета-3C), позволяющему выявить физические контакты в различных областях ДНК в клетке. Применительно к микробным сообществам такой метод одновременно облегчает сборку геномов и позволяет анализировать их трехмерную структуру (Marbouty and others, 2014). Необходимо также совершенствовать методы культивирования морских микроорганизмов, в частности в контексте использования морских генетических ресурсов микробного происхождения в промышленных целях.

Проблему представляет собой и стремительное увеличение объема данных, полученных в результате применения различных подходов на основе омиков, в связи с чем продолжается разработка новых биоинформатических инструментов и платформ для анализа и интеграции таких данных в целях достижения лучшего понимания биологических систем (Dihazi and others, 2018; Rohart and others, 2017). Одним из примеров является База знаний в области системной биологии Министерства энергетики Соединенных Штатов Америки (KBase¹³ — программное обеспечение с открытым исходным кодом и платформа для сбора данных, позволяющая проводить совместный анализ информации о мультиомиках, включая сборку генома или метагенома, аннотацию, транскриптомику и моделирование метаболических путей (Arkin and others, 2018). Посредством интеграции анализа данных метаболомики, т. е. анализа малых биомолекул организмов или микробных сообществ, можно подтвердить правильность выявленных путей, а также связать

структуру, динамику, взаимодействие и функцию микробных сообществ (Baidoo and Benites, 2019). Еще одним примером платформы для интеграции мультиомиков, ориентированной на исследование и отбор данных, является mixOmics (Rohart and others, 2017)¹⁴.

6.2. Морские генетические ресурсы и синтетическая биология

С учетом исключительного биологического разнообразия морских организмов морские генетические ресурсы представляют собой один из перспективных источников генов и генных кластеров, используемых для искусственной модификации организмов в целях промышленного применения (Bloch and Tardieu-Guigues, 2014; Reen and others, 2015). Синтетическая биология в сочетании с ферментной и метаболической инженерией может значительно облегчить разработку высокоэффективных штаммов для производства химикатов, биоматериалов и услуг. Например, синтетический биологический подход можно использовать в качестве альтернативы химическому синтезу для производства морских природных соединений в тех случаях, когда извлечение из первоначального источника продолжаться в длительной перспективе не может (Kiran and others, 2018). Важными вопросами в области синтетической биологии являются вопросы здоровья населения и этические соображения, и то, как общество воспримет безопасность генетически модифицированных организмов, также повлияет на внедрение этой технологии в промышленном секторе (Kiran and others, 2018).

7. Морские генетические ресурсы и цели в области устойчивого развития

Независимо от масштабов экономических выгод, связанных с коммерческим сбытом морских генетических ресурсов, сохраняются проблемы в формировании потенциала (раздел 5), что влечет за собой серьезные последствия для

достижения целей в области устойчивого развития. В таблице ниже кратко излагается важность морских генетических ресурсов для выполнения наиболее актуальных задач в контексте целей в области устойчивого развития.

¹³ См. <http://kbase.us>.

¹⁴ См. <http://mixomics.org>.

Морские генетические ресурсы и цели в области устойчивого развития

Соответствующие задачи в контексте целей в области устойчивого развития	Важность морских генетических ресурсов
<p>14.2 К 2020 году обеспечить рациональное использование и защиту морских и прибрежных экосистем с целью предотвратить значительное отрицательное воздействие, в том числе путем повышения стойкости этих экосистем, и принять меры по их восстановлению для обеспечения хорошего экологического состояния и продуктивности океанов</p> <p>14.5 К 2020 году охватить природоохранными мерами по крайней мере 10 процентов прибрежных и морских районов в соответствии с национальным законодательством и международным правом и на основе наилучшей имеющейся научной информации</p>	<p>Обеспечить учет генетического разнообразия популяций в охраняемых районах, в частности, для повышения устойчивости к внешним воздействиям</p> <p>Использовать морские генетические ресурсы в качестве инструментов для понимания биотических и абиотических взаимодействий в целях содействия управлению экосистемными услугами</p> <p>Поощрять эксплуатацию неистощительно добываемых или осваиваемых морских природных веществ и уделять этому основное внимание</p>
<p>14.a Увеличить объем научных знаний, расширить научные исследования и обеспечить передачу морских технологий, принимая во внимание Критерии и руководящие принципы в отношении передачи морских технологий, разработанные Межправительственной океанографической комиссией, с тем чтобы улучшить экологическое состояние океанской среды и повысить вклад морского биоразнообразия в развитие развивающихся стран, особенно малых островных развивающихся государств и наименее развитых стран</p> <p>9.5 Активизировать научные исследования, наращивать технологический потенциал промышленных секторов во всех странах, особенно развивающихся странах, в том числе путем стимулирования к 2030 году инновационной деятельности и значительного увеличения числа работников в сфере НИОКР в расчете на 1 миллион человек, а также государственных и частных расходов на НИОКР</p> <p>9.b Поддерживать разработки, исследования и инновации в сфере отечественных технологий в развивающихся странах, в том числе путем создания политического климата, благоприятствующего, в частности, диверсификации промышленности и увеличению добавленной стоимости в сырьевых отраслях</p> <p>17.6 Расширять сотрудничество по линии Север-Юг и Юг-Юг, а также трехстороннее региональное и международное сотрудничество в областях науки, техники и инноваций и доступ к соответствующим достижениям; активизировать обмен знаниями на взаимно согласованных условиях, в том числе благодаря улучшению координации между существующими механизмами, в частности на уровне Организации Объединенных Наций, а также с помощью глобального механизма содействия передаче технологий</p>	<p>Содействовать всеохватной инновационной деятельности и разработке других механизмов, призванных предоставить государствам более широкие возможности для участия в исследовании и использовании морских генетических ресурсов</p>
<p>3.b Оказывать содействие исследованиям и разработкам вакцин и лекарственных препаратов для лечения инфекционных и неинфекционных болезней, которые в первую очередь затрагивают развивающиеся страны, обеспечивать доступность недорогих основных лекарственных средств и вакцин в соответствии с Дохинской декларацией «Соглашение по ТРИПС и общественное здравоохранение», в которой подтверждается право развивающихся стран в полном объеме использовать положения Соглашения по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности в отношении проявления гибкости для целей охраны здоровья населения и, в частности, обеспечения доступа к лекарственным средствам для всех</p>	<p>Поддерживать постоянное проведение клинических испытаний все новых морских препаратов и потенциал морских организмов как одного из источников получения новых антибиотиков</p>

Справочная литература

- Alves, Celso, and others (2018). From marine origin to therapeutics: The antitumor potential of marine algae-derived compounds. *Frontiers in Pharmacology*, vol. 9.
- Appeltans, Ward, and others (2012). The magnitude of global marine species diversity. *Current Biology*, vol. 22, No. 23, pp. 2189–2202.
- Arkin, Adam P., and others (2018). KBase: the United States department of energy systems biology knowledgebase. *Nature Biotechnology*, vol. 36, No. 7.
- Arnaud-Haond, Sophie, and others (2011). Marine biodiversity and gene patents. *Science*, vol. 331, No. 6024, pp. 1521–1522.
- Arrieta, Jesús M., and others (2010). What lies underneath: conserving the oceans' genetic resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, No. 43, pp. 18318–18324.
- Baidoo, Edward E.K., and Veronica Teixeira Benites (2019). Mass Spectrometry-Based Microbial Metabolomics: Techniques, Analysis, and Applications. In *Microbial Metabolomics*, pp. 11–69. Springer.
- Birilli, Willian G., and others (2019). Applications of marine-derived microorganisms and their enzymes in biocatalysis and biotransformation, the underexplored potentials. *Frontiers in Microbiology*, vol. 10.
- Blasiak, Robert, and others (2018). Corporate control and global governance of marine genetic resources. *Science Advances*, vol. 4, No. 6, p. eaar5237.
- Blasiak, Robert, and others (2019). Scientists Should Disclose Origin in Marine Gene Patents. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 34, No. 5, pp. 392–395.
- Blasiak, Robert, and others (2020). The ocean genome and future prospects for conservation and equity. *Nature Sustainability*, pp.1–9.
- Bloch, Jean-François, and Elisabeth Tardieu-Guigues (2014). Marine biotechnologies and synthetic biology, new issues for a fair and equitable profit-sharing commercial use. *Marine Genomics*, vol. 17, pp. 79–83.
- Briand, Frédéric (2010). New Partnerships for Blue Biotechnology Development - Innovative solutions from the sea. Report on CIESM International Workshop. The Mediterranean Science Commission.
- Calado, Ricardo, and others (2018). How to Succeed in Marketing Marine Natural Products for Nutraceutical, Pharmaceutical and Cosmeceutical Markets. In *Grand Challenges in Marine Biotechnology*, pp. 317–403. Springer.
- Carradec, Quentin, and others (2018). A global ocean atlas of eukaryotic genes. *Nature Communications*, vol. 9, No. 1, p. 373.
- Carroll, Anthony R., and others (2019). Marine natural products. *Natural Product Reports*.
- Costello, Christopher, and others (2019). The Future of Food from the Sea. Washington, D.C.: World Resources Institute. https://oceanpanel.org/sites/default/files/2019-11/19_HLP_BP1%20Paper.pdf.
- Coutinho, Felipe Hernandes, and others (2018). Metagenomics sheds light on the ecology of marine microbes and their viruses. *Trends in Microbiology*, vol. 26, No. 11, pp. 955–965.
- De Vargas, Colomban, and others (2015). Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean. *Science*, vol. 348, No. 6237, pp. 1261605.
- Dihazi, Hassan, and others (2018). Integrative omics-from data to biology. *Expert Review of Proteomics*, vol. 15, No. 6, pp. 463–466.
- Ellenberg, Jan, and others (2018). A call for public archives for biological image data. *Nature Methods*, vol. 15, No. 11, p. 849.
- Fedder, Bevis (2013). *Marine Genetic Resources, Access and Benefit Sharing: Legal and Biological Perspectives*. Routledge.

- Ferrer, Manuel, and others (2019). Decoding the ocean's microbiological secrets for marine enzyme biodecovery. *FEMS Microbiology Letters*, vol. 366, No. 1, p. fny285.
- Grand View Research (2017). Nutraceuticals Market Analysis By Product (Dietary Supplements, Functional Food, Functional Beverage), By Region (North America, Asia Pacific, Europe, CSA, MEA), And Segment Forecasts, 2018–2025. Grand View Research. www.grandviewresearch.com/industry-analysis/nutra-ceuticals-market.
- Guilloux, Bleuenn (2018). Marine Genetic Resources, R&D and the Law 1: Complex Objects of Use. Wiley Online Library.
- Hackl, Christian (2017). Using red algae to fight the flu. *Les Nouvelles-Journal of the Licensing Executives Society*, vol. 52, No. 4.
- Hu, Yiwen, and others (2015). Statistical research on the bioactivity of new marine natural products discovered during the 28 Years from 1985 to 2012. *Marine Drugs*, vol. 13, pp. 202–221.
- Ip, Camilla L.C., and others (2015). MinION Analysis and Reference Consortium: Phase 1 data release and analysis. *F1000Research*, vol. 4.
- Juliano, Claudia, and Giovanni Antonio Magrini (2017). Cosmetic ingredients as emerging pollutants of environmental and health concern. A mini-review. *Cosmetics*, vol. 4, No. 11, pp. 1–18. <http://doi.org/10.3390/cosmetics4020011>.
- Kamble, Asmita, and others (2019). In-silico bioprospecting: finding better enzymes. *Molecular Biotechnology*, vol. 61, No. 1, pp. 53–59.
- Kiran, Seghal, and others (2018). Synthetic biology approaches: Towards sustainable exploitation of marine bioactive molecules. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 112, pp. 1278–1288.
- Kopf, Anna, and others (2015). The ocean sampling day consortium. *Gigascience*, vol. 4, No. 1, pp. s13742–015.
- Lauritano, Chiara, and Adrianna Ianora (2018). Grand Challenges in Marine Biotechnology: Overview of Recent EU-Funded Projects. In *Grand Challenges in Marine Biotechnology*, pp. 425–449. Springer.
- Leary, David (2008). Bi-polar disorder? Is bioprospecting an emerging issue for the Arctic as well as for Antarctica? *Review of European Community & International Environmental Law*, vol. 17, No. 1, pp. 41–55.
- _____ (2018). Marine Genetic Resources in Areas beyond National Jurisdiction: Do We Need to Regulate Them in a New Agreement? *Maritime Safety and Security Law Journal*, vol. 19, pp. 22–47.
- Liang, Xiao, and others (2019). Advances in exploring the therapeutic potential of marine natural products. *Pharmacological Research*, vol. 147, pp. 104373–104390.
- Lindequist, Ulrike (2016). Marine-derived pharmaceuticals—challenges and opportunities. *Biomolecules & Therapeutics*, vol. 24, No. 6, p. 561.
- Marbouty, Martial, and others (2014). Metagenomic chromosome conformation capture (meta3C) unveils the diversity of chromosome organization in microorganisms. *Elife*, vol. 3, p. e03318.
- Mayer, A.M.S., and others (2010). The Odyssey of Marine Pharmaceuticals: A Current Pipeline Perspective. *Trends in Pharmacological Sciences*, vol. 31, pp. 255–265. www.midwestern.edu/departments/marinepharmacology/clinical-pipeline.xml, <https://doi.org/10.1016/j.tips.2010.02.005>.
- Mehbub, Mohammad Ferdous, and others (2014). Marine sponge derived natural products between 2001 and 2010: trends and opportunities for discovery of bioactives. *Marine Drugs*, vol. 12, No. 8, pp. 4539–4577.
- National Center for Biotechnology Information (NCBI) (2018). GenBank and WGS Statistics. Available at www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/statistics.
- National Human Genome Research Institute. DNA Sequencing Costs: Data. Available at www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/DNA-Sequencing-Costs-Data87.

- Oldham, Paul, and Jasmine Kindness (2020). Biodiversity research and innovation in Antarctica and the Southern Ocean. Preprint bioRxiv 2020.05.03.074849; <https://doi.org/10.1101/2020.05.03.074849>.
- Oldham, Paul, and others (2014). Valuing the deep: Marine genetic resources in areas beyond national jurisdiction. Defra Contract. MB, vol. 128.
- Parks, Donovan H., and others (2017). Recovery of nearly 8,000 metagenome-assembled genomes substantially expands the tree of life. *Nature Microbiology*, vol. 2, No. 11, p. 1533.
- Qi, Shu-Hua, and Xuan Ma (2017). Antifouling compounds from marine invertebrates. *Marine Drugs*, vol. 15, No. 9, p. 263.
- Rampelotto, Pabulo H., and Trincone, Antonio (2018). *Grand Challenges in Marine Biotechnology*. Springer.
- Reen, F. Jerry, and others (2015). Emerging concepts promising new horizons for marine biodiscovery and synthetic biology. *Marine Drugs*, vol. 13, No. 5, pp. 2924–2954.
- Rigden, Daniel J., and Xose M. Fernandez (2019). The 27th annual Nucleic Acid Research database issue and molecular biology database collection. *Nucleic Acid Research*, vol. 48, pp. D1–D8.
- Rohart, Florian, and others (2017). mixOmics: An R package for 'omics feature selection and multiple data integration. *PLOS Computational Biology*, vol. 13, No. 11, p. e1005752.
- Rolf, Jascha, and others (2019). Application of cell-free protein synthesis for faster biocatalyst development. *Catalysts*, vol. 9, No. 2, p. 190.
- Roque, Breanna Michell, and others (2019). Effect of the macroalgae *Asparagopsis taxiformis* on methane production and rumen microbiome assemblage. *Animal Microbiome*, vol. 1, No. 1, p. 3.
- Ruiz-Lopez, Noemi, and others (2014). Successful high-level accumulation of fish oil omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in a transgenic oilseed crop. *Plant Journal*, vol. 77, No. 2, pp. 198–208.
- Ruxton, C., and others (2007). Commentary on Ruxton, C.H.S., and others (2004) The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*; 17, 449-459. *Journal of Human Nutrition and Dietetics: The Official Journal of the British Dietetic Association*, vol. 20, No. 3, p. 286.
- Rye, P.D., and others (2018). Alginate Oligomers and Their Use as Active Pharmaceutical Drugs. In *Alginates and Their Biomedical Applications*, pp. 237–256. Springer.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2020). Digital Sequence Information on Genetic Resources: Concept, Scope and Current Use. Convention on Biological Diversity CBD/DSI/AHTEG/2020/1/3. www.cbd.int/doc/c/fef9/2f90/70f037ccc5da885dfb293e88/dsi-ahteg-2020-01-03-en.pdf.
- Seymour, Mathew (2019). Rapid progression and future of environmental DNA research. *Communications Biology*, vol. 2, No. 80, pp. 1–3.
- Skropeta, Danielle, and Liangqian Wei (2014). Recent advances in deep-sea natural products. *Natural Product Reports*, vol. 31, No. 8, pp. 999–1025.
- Sprague, Matthew, and others (2017). Microbial and genetically engineered oils as replacements for fish oil in aquaculture feeds. *Biotechnology Letters*, vol. 39, No. 11, pp. 1599–1609.
- Steinegger, Martin, and others (2019). Protein-level assembly increases protein sequence recovery from metagenomic samples manyfold. *Nature Methods*, vol. 16, pp. 603–606.
- Suleria, Hafiz Ansar Rasul, and others (2015). Marine-based nutraceuticals: An innovative trend in the food and supplement industries. *Marine Drugs*, vol. 13, No. 10, pp. 6336–6351.
- Sunagawa, Shinichi, and others (2015). Structure and function of the global ocean microbiome. *Science*, vol. 348, No. 6237, p. 1261359.
- Thompson, Cristiane C., and others (2017). Unlocking marine biotechnology in the developing world. *Trends in Biotechnology*, vol. 35, No. 12, pp. 1119–1121.

- Thompson, Fabiano, and others (2018). Marine biotechnology in Brazil: recent developments and its potential for innovation. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, p. 236.
- Tully, Benjamin J., and others (2018). The reconstruction of 2,631 draft metagenome-assembled genomes from the global oceans. *Scientific Data*, vol. 5, p. 170203.
- United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wetterstrand, K.A. (2018). DNA Sequencing Costs: Data from the NHGRI Genome Sequencing Program (GSP). www.genome.gov/sequencingcostsdata.
- Wouters, Olivier J., and others (2020). Estimated research and development investment needed to bring a new medicine to market, 2009–2018. *JAMA*, vol. 323, pp. 844–853.
- Woyke, Tanja, and others (2019). Genomes From Uncultivated Microorganisms. *Encyclopedia of Microbiology*, vol. 4e, pp. 437–442.
- Wuyts, Sander, and Nicola Segata (2019). At the Forefront of the Sequencing Revolution—Notes from the RINGS19 Conference. *Genome Biology*, vol. 20, No. 93, pp. 1–3.
- Wynberg, Rachel (2015). Marine Genetic Resources and Bioprospecting in the Western Indian Ocean. *Western Indian Ocean*, p. 407.
- Wynberg, Rachel, and Sarah A Laird (2018). Fast Science and Sluggish Policy: The Herculean Task of Regulating Biodiscovery. *Trends in Biotechnology*, vol. 36, No. 1, pp. 1–3.
- Young, Lucy (2014). Marine-Derived Nutraceuticals and Cosmetics. Strategic Business Insights. www.strategicbusinessinsights.com/about/featured/2014/2014-02-marine-nutraceuticals.shtml.
- Zhao, Xianming, and Xiao Qiu (2018). Analysis of the biosynthetic process of fatty acids in thraustochytrium. *Biochimie*, vol. 144, pp. 108–114.

Глава 24

Морские гидраты — потенциально формирующийся вопрос

Участники: Алан Симкок (координатор и ведущий участник), Анинда Мазумдар, Аарон Микаллеф, Катрин Е. А. Сегарра и Леонид Юрганов.

Ключевые тезисы

- Морские гидраты (в основном метаногидраты) встречаются в основном на континентальных склонах — районах океана, отличающихся высоким содержанием метана, достаточно высоким давлением и достаточно низкой температурой.
- Внезапные выбросы большого объема метана из морских гидратов вызывают обеспокоенность в связи с сопряженными с ними климатическими рисками. Вместе с тем на данный момент эту гипотезу поддерживают далеко не все, и ее не упоминают в последнем специальном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата об океане и криосфере в условиях изменения климата.
- В местах просачивания газа в глубоководных районах моря, известных наличием газогидратов, обитает весьма богатое биоразнообразие, поддерживаемое хемосинтезирующими бактериями.
- Недавно Китай и Япония отметили первые успехи в производстве метана из морских метаногидратов.

1. Введение

В первой «Оценке состояния Мирового океана» (United Nations, 2017с) подробного материала о морских гидратах не содержалось. В общем резюме было отмечено, что они относятся к глубоководным месторождениям, которые в то время вызывали постоянный интерес, но не разрабатывались.

В главе 21 первой «Оценки» сообщалось, что районы, в которых встречаются морские гидраты, могут потенциально превратиться в районы будущего освоения морских энергетических ресурсов, и приводилась оценка объема морских гидратов и их углеродного эквивалента во всем мире. Хотя гидраты теоретически содержат в себе огромные запасы углеводородов, в главе отмечалось, что добыча метана из гидратов не была задокументирована, кроме как в ходе маломасштабных экспериментов на местах, и что ее значимость для глобального газоснабжения, вероятно, отойдет на задний план в связи с активизацией работ по добыче природного газа на суше.

В главе 35 первой «Оценки» было отмечено, что из-за тесной связи районов газовых просачиваний на континентальных окраинах с районами, представляющими интерес с точки зрения разведки ресурсов (нефти, газа и метаногидратов), до того, как будут произведены потенциальные изменения и добыча, большое значение будет иметь проведение оценки характера связанного с этими районами богатого биоразнообразия и его роли в функционировании экосистем. Такое биоразнообразие обсуждается в главе 7Р настоящей «Оценки» по гидротермальным источникам и холодным просачиваниям.

Настоящая глава призвана дать более полную оценку происхождения и приблизительного объема морских гидратов, их потенциала как источника энергии и связанных с этим рисков для климата Земли, устойчивости склонов и человеческого общества.

2. Что такое морские гидраты?

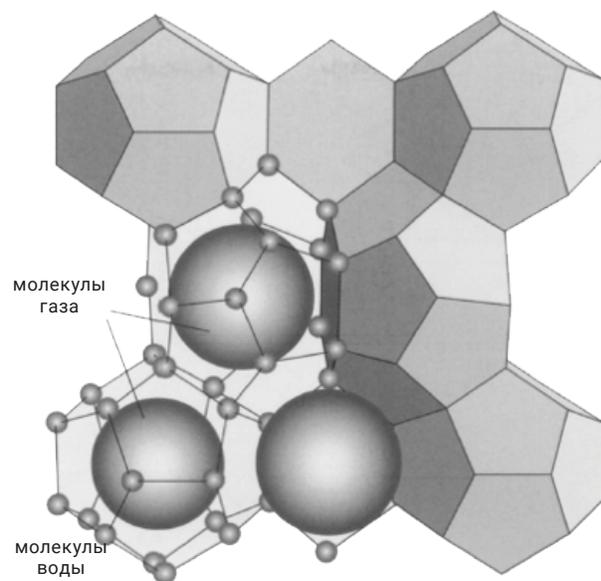
Морской гидрат — это твердое кристаллическое вещество, состоящее из молекул природного газа, замкнутых в льдоподобной клетке молекул воды. Наиболее распространенной формой морского гидрата является метаногидрат, имеющий химическую формулу $(\text{CH}_4)_4(\text{H}_2\text{O})_{23}$, или 1 моль

метана на каждые 5,75 молей воды, что соответствует 13,4 процента метана по массе (Maslin and others, 2010; Chou and others, 2000). Морские гидраты часто называют морскими или метановыми клатратами (от латинского *clathri*, что означает «решетка»), поскольку молекулы воды

образуют решетку, внутри которой содержатся молекулы газа. Схематический чертеж газогидрата показан на рисунке I.

Рисунок I

Типичная структура газогидрата, где молекулы воды соединены вместе и образуют клетку, внутри которой замкнуты молекулы газа, такого как метан



Источник: Maslin and others, 2010.

Впервые метаногидраты были выделены как класс в конце XIX века (Wróblewski, 1882; Villard, 1894). В природе они были обнаружены в 1930-е годы, когда их образование приводило к блокированию газопроводов в холодную погоду. В 1950-х годах были разработаны теоретические модели газогидратов, а в 1960-х годах российские ученые, в том числе и Васильев, утверждали, что в мире существуют значительные по объему морские месторождения (Vasiliev and others, 1970). Этот вывод был подтвержден в начале 1970-х годов после извлечения образцов метаногидратов с морского дна в Черном море (Yefremova and Zhizhchenko, 1974). С тех пор во всем мире проводятся аналогичные исследования (см. рис. II), а такие страны, как Германия, Индия, Канада, Китай, Соединенные Штаты Америки и Япония, приступили к крупным программам исследований в области гидратов (Sloan and Koh, 2007; Maslin and others, 2010; Song and others, 2014).

2.1. Местоположение и масштаб залежей морских гидратов

Газогидраты встречаются в районах значительного газообразования, отличающихся достаточно низкой температурой и достаточно высоким давлением, которые необходимы для их образования и сохранения. Подавляющее большинство газогидратов встречается в виде морских гидратов, в то время как чуть более 1 процента находится в вечномерзлом грунте (Ruppel, 2015). Большинство морских гидратов формируются в результате накопления метана, образующегося при разложении органического вещества в погребенных отложениях. Газогидратные залежи (часто толщиной в несколько сотен метров) находятся внутри отложений (Milkov and Sassen, 2002; Ruppel and Kessler, 2017). Морские гидраты в основном образуются из газа, протекающего через разломы и каналы в осадочной колонне, и могут образовывать обнажения на морском дне.

Распределение морских гидратов обусловлено сочетанием таких факторов, как наличие газового источника, глубина (обычно более 500 м, но зависит от состава газа) и температура (геотермальный градиент), которые отвечают за стабилизацию гидратов, а также проницаемость отложений. Наиболее распространенный способ определения наличия газогидратов — проведение сейсмического зондирования: граница между газовыми гидратами и расположенными под ними отложениями, содержащими свободный газ, отражает формы с отрицательным контрастом акустического импеданса, что представляет собой имитацию морского дна (отражение от подошвы слоя) и может быть интерпретировано таким образом, чтобы показать подошву зоны стабильности газовых гидратов. Пробы морского дна могут также отбираться непосредственно грунтоотборниками или другими пробоотборными устройствами, однако для обеспечения их устойчивости при их выведении на поверхность необходимо принимать специальные меры (Maslin and others, 2010). Согласно сейсмическим данным, метаногидраты встречаются в отложениях континентального склона, в то время как в Северном Ледовитом океане они находятся на меньших глубинах из-за более низкой температуры водной толщи (Dillon and Max, 2012). Гидраты не формируются в середине океа-

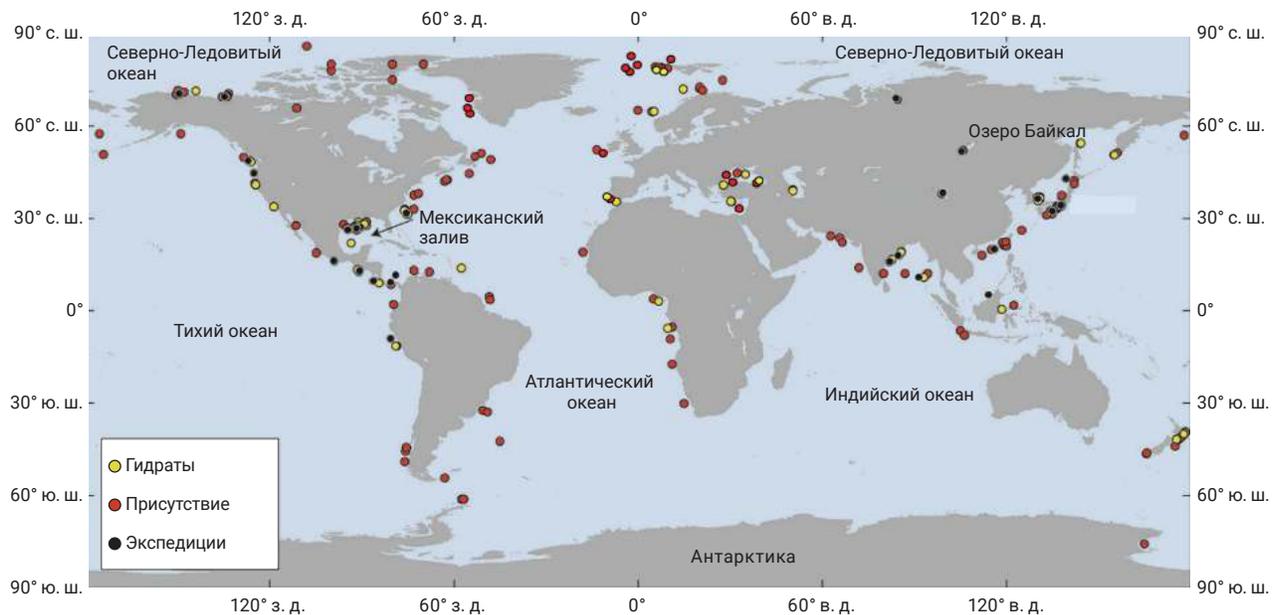
нических бассейнов, где масштабы биогенного образования газа небольшие ввиду недостатка органического материала, как и в окраинных морях, где давление на морское дно ниже. Гидраты образуются в наземных вечномёрзлых грунтах Аляски и Сибири и под ними (Maslin and others, 2010). На рисунке II показана недавно составленная карта известных и предполагаемых мест расположения метаногидратов.

Присутствие морских гидратов зависит от условий, в которых они могут сохраняться. Во-первых, необходим источник газа, как правило, метана биогенного происхождения, образующегося в результате распада органического материала, попавшего в донные отложения, что приводит к образованию метана в количествах, превышающих растворимые в окружающих водах. Во-вторых, на морском дне должны соответствующим образом взаимодействовать та-

кие факторы, как высокое давление и низкая температура. В арктических водах, где температура очень низкая, необходимое давление может – в зависимости от состава газа – быть обнаружено на глубине до 400 метров. В более теплых водах требуемая глубина может достигать 1000 метров. В-третьих, существует нижний предел встречаемости морских гидратов: даже при высоком давлении при повышении температуры по мере увеличения расстояния от земной поверхности (геотермальный градиент) предел стабильности морских гидратов будет установлен примерно на отметке 1600 м (Kvenvolden and Lorenson, 2001; Maslin and others, 2010). Метаногидраты могут также выступать в качестве блока для свободного газа и удерживать, таким образом, значительное количество метана в отложениях, расположенных под этими гидратами (Hornbach and others, 2004).

Рисунок II

На карте показаны места, где удалось извлечь газогидраты, где с учетом сейсмических данных предполагается присутствие газогидратов и где в условиях вечной мерзлоты или глубоководной морской среды завершены экспедиции по бурению в поисках газогидратов, в результате которых удалось извлечь газогидраты



Источник: Ruppel, 2018, с изменениями, отраженными в материалах Ryu and others, 2013; Minshull and others, 2020¹.
Примечание. Использование на карте указанных границ и названий не означает их официальное одобрение или признание Организацией Объединенных Наций.

¹ Команда авторов выражает благодарность Чибузо Аханэку Валерия за помощь в обновлении карты.

В 1988 и 1990 годах, по результатам двух независимых оценок, общее количество гидратов в мире составило $21 \times 10^{15} \text{ м}^3$ (MacDonald, 1990; Kvenvolden, 1999), причем в связи с этой цифрой сформировался консенсус. Вместе с тем в 2011 году на основе исчерпывающего обзора результатов других оценок и с учетом уроков, извлеченных по итогам проведения целого ряда программ бурения, было подсчитано, что при стандартной температуре и давлении геологические запасы метанового газа составляют $3 \times 10^{15} \text{ м}^3$ (Boswell and Collett, 2011). Этот показатель схож с показателями нижней части диапазона (между $1\text{--}5$ и $15\text{--}20 \times 10^{15} \text{ м}^3$), рассчитанными Милковым (Milkov, 2004), и более чем в 30 раз меньше показателя в размере $1 \times 10^{17} \text{ м}^3$, рассчитанного Клаудой и Сандлером (Klauda and

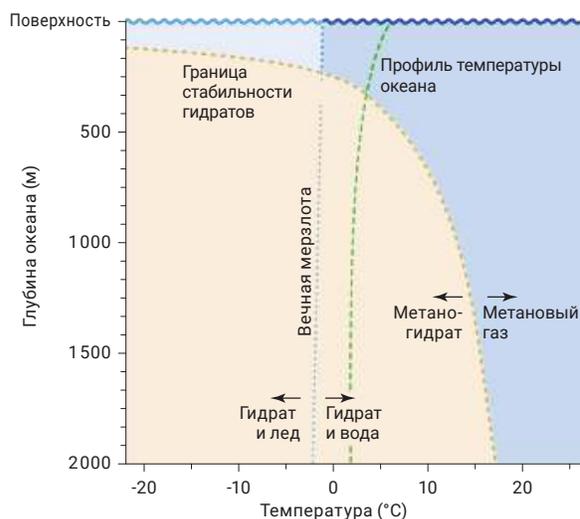
Sandler, 2005). Некоторые эксперты по-прежнему склоняются к большему показателю (Kvenvolden, 2012). Диапазон Милкова приравняется к диапазону от 500–1000 до 7 500–10 000 гигатонн углерода (Maslin and others, 2010). Для сравнения Геологическая служба Соединенных Штатов подсчитала в 2000 году, что общие запасы всех других ископаемых видов топлива содержат 5000 гигатонн углерода (United States Geological Survey World Energy Assessment Team, 2000). В ходе последующей работы был поддержан призыв к дальнейшему исследованию совокупности морских гидратов в мире с учетом результатов широкого обсуждения, состоявшегося в Королевском обществе в Лондоне в 2010 году (Day and Maslin, 2010).

3. Потенциальные риски, связанные с морскими метаногидратами

3.1. Риски применительно к атмосфере

Метан представляет собой мощный парниковый газ, который обладает таким потенциалом удержания тепла на протяжении столетия, который, по оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата, в 25 раз превышает потенциал диоксида углерода (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013). Более поздние расчеты показывают, что этот коэффициент должен быть выше, возможно, на целых 25 процентов (Etminan and others, 2016). В период 2008–2017 годов объем выбросов метана в мире составлял, по оценкам, 0,572 гигатонны в год (Sauniois and others, 2019). В результате того, что стабильность газового гидрата зависит от температуры и давления, в основном температуры (см. рис. III), сформировалось представление о том, что глобальное потепление может привести к катастрофическому выбросу метана из газогидратных резервуаров (гипотеза клатратной пушки) (Henriet and Mienert, 1998; Haq, 1999). Аналогичная гипотеза была также предложена в качестве одного из объяснений периодов быстрого потепления в течение четвертичного периода (Kennett and others, 2000; Maslin and others, 2004). Вместе с тем эта гипотеза не получила широкой поддержки, а эмпирические данные оказались неубедительными (Sowers, 2006; O’Hara, 2008).

Рисунок III
Стабильность метаногидрата



Источник: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Under_sea_methane_hydrate_phase_diagram.svg.

В одном из недавно проведенных тщательных обзоров взаимодействия между изменением климата и поведением метаногидратов был сделан вывод об отсутствии в настоящее время данных, полученных в результате наблюдений и свидетельствующих о том, что метан, выделяемый гидратами, попадает в атмосферу или что количество, которое потенциально может попасть

в атмосферу, является достаточным для того, чтобы сказаться на общем содержании метана. Было также отмечено, что при рассмотрении потенциальных последствий диссоциации морских метаногидратов для проникновения метана в атмосферу крайне необходимо учитывать механизмы (поглотители), которые будут «перехватывать» метан до его попадания в атмосферу: при прохождении через осадочные отложения метан может подлежать расщеплению бактериями в ходе анаэробного окисления. В целом, можно сделать вывод о том, что метан, образующийся в результате диссоциации гидратов, не попадет в атмосферу; он может раствориться в воде внутри осадочных пород или в водной толще, а затем разложиться в результате микробного окисления в водной толще. Вместе с тем для более точного описания взаимодействия между климатом и поведением гидратов в будущем потребуются собрать в результате наблюдений больше данных и разработать усовершенствованные цифровые модели (Ruppel and Kessler, 2017).

В связи с этим роль метаногидратов в нынешнем и будущем изменении климата неясна. Вместо выбросов, влекущих за собой катастрофические и резкие изменения, выброс метана из морских гидратов в результате повышения температуры океана, возможно, происходил в прошлом постепенно и может происходить в течение тысячелетий или более длительных периодов времени (Archer, 2007; Archer and others, 2009).

Вместе с тем Северный Ледовитый океан нагревается быстрее, чем весь остальной земной шар (Larsen and others, 2014), и есть доказательства выброса в него значительного количества метана, который может поступать из прибрежной подводной зоны вечной мерзлоты в восточно-сибирской части арктического шельфа (Shakhova and others, 2014). Вместе с тем сезонные изменения в смешении водной толщи, по-видимому, препятствуют попаданию метана в атмосферу летом (Yurganov and others, 2019).

В своем недавнем специальном докладе «Океан и криосфера в условиях изменяющегося климата» (МГЭИК, 2019) Межправительственная группа экспертов по изменению климата не упомянула морские гидраты, за исключением того, что отметила (в главе 5 доклада) с низкой степенью уверенности, что повышение температуры в при-

донном слое воды или смещение теплых течений на континентальных окраинах могут усилить диссоциацию погребенных на окраинах газовых гидратов, что потенциально усилит анаэробное окисление метана (в результате чего образуется сероводород) и расширит масштабы охвата сообществ, обитающих в районах просачивания метана.

3.2. Риски, связанные с устойчивостью морского дна

В тех случаях, когда газогидраты замкнуты в отложениях, и при достаточно высокой степени насыщения они могут действовать как цемент, уплотняя морское дно и придавая ему устойчивость. Вместе с тем, если они образуются в отложениях, которые еще не до конца уплотнены, газогидраты препятствуют по мере увеличения веса отложений нормальному повышению степени уплотнения. При дестабилизации, вызванной более низким давлением или, в частности, повышением температуры морского дна, газогидраты могут диссоциироваться. В таком случае может произойти подводный оползень на склоне (Maslin and others, 2010). Особенно примечательным случаем, в котором, предположительно, замешаны газогидраты, является оползень Стурега рядом с центральной частью западного побережья Норвегии, произошедший примерно 8 200 лет назад. По расчетам, объем этого оползня составил 3000 км³, а сам оползень вызвал цунами с накатом волны до 20 м, от которого пострадали Норвегия, Фарерские острова (Дания), Шотландия и северная часть Англии (Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии). Хотя непосредственной причиной, вероятно, было землетрясение, диссоциация морских гидратов, по-видимому, в значительной степени способствовала его возникновению (Bondevik and others, 2005; Bryn and others, 2005; Micallef and others, 2009). В целом, как представляется, в настоящее время сложился консенсус в отношении того, что, хотя диссоциация морских гидратов может влиять на масштабы и, следовательно, последствия крупных оползней на склонах, как правило, существует отдельная причина в виде землетрясения или экстремального погодного явления (Tappin, 2010).

4. Морские гидраты как источник энергии

Метан как природный газ является одним из хорошо известных источников энергии. Несколько стран проводят крупные исследовательские программы по изучению возможностей использования морских гидратов в качестве источника природного газа. Из-за отсутствия запасов природного газа на суше Китай и Япония входят в число государств, которые прилагают наиболее активные усилия для проведения таких исследований.

В 2002 году в Японии был создан Исследовательский консорциум по ресурсам метаногидратов (MH21) для изучения и освоения энергии морских гидратов в морях этой страны. В консорциум вступили Японская национальная корпорация по нефти, газу и металлам, Национальный институт передовых технических наук и технологий и Японская ассоциация развития инженерного дела. Работу планировалось проводить в три этапа. Первый этап проходил с 2002 по 2008 год и включал в себя сотрудничество с рядом других государств, в том числе с Германией, Индией, Канадой и Соединенными Штатами. Основными результатами стали углубление знаний о морских гидратных ресурсах Японии и успешное проведение двух испытаний по добыче метаногидратов на суше, в результате которых было получено около 13 000 м³ метана. В ходе второго этапа, который проходил с 2008 по 2015 год, был успешно проведен эксперимент по морской добыче, разработана оценка воздействия на окружающую среду и завершены экономическая оценка и проверка на местах. Третий этап, основным направлением которого является создание технической платформы для коммерческого сбыта, все еще продолжается. После Великого восточнояпонского землетрясения в 2011 году значимость этой программы только возросла, благодаря чему стала проводиться политика снижения планируемого уровня зависимости от ядерной энергии (Oyama and Masutani, 2017). Благодаря совместным усилиям Национальной лаборатории энергетических технологий Министерства энергетики, Японской национальной корпорации по нефти, газу и металлам, Геологической службы Соединенных Штатов Америки и компании «Неф-

тетехнические ресурсы Аляски» (Petrotechnical Resources of Alaska), которые вели сотрудничество с пайщиками месторождения Прадхо-Бей, была пробурена испытательная скважина для определения количества газогидратов, в связи с чем были обнаружены два содержащих газогидраты коллектора, пригодные для проведения дальнейших испытаний. Скважина «Прадхо» проникала в коллекторы на глубине около 700 м и 844 м. По данным Геологической службы Соединенных Штатов Америки, в верхнем коллекторе газогидраты заполняют от 65 до > 80 процентов полости, или пористости, между песчинками и илом, образующими горную породу. В 2021/22 финансовом году Япония также ведет сотрудничество с Соединенными Штатами Америки в проведении добычных испытаний на месторождении Прадхо-Бей. Благодаря накопленному в рамках этого сотрудничества опыту Япония сможет провести экспериментальные испытания в 2027/28 финансовом году.

В Мексиканском заливе ведутся масштабные исследования метаногидратов, связанные с энергетикой. Первый этап совместного промышленного проекта по газогидратам в Мексиканском заливе был проведен в 2005 году с целью разработки технологии и сбора данных для содействия в определении характеристик природных газогидратов в глубоководных районах Мексиканского залива. Главная цель программы заключалась в том, чтобы понять последствия эксплуатации гидратов для устойчивости морского дна и изменения климата, а также оценить потенциал метаногидратов в качестве одного из энергоресурсов в будущем. В этой программе приняли участие «Шеврон», «КонокоФиллипс», «Халлибертон», Японская национальная корпорация по нефти, газу и металлам, «Релайанс индастриз», «Шлюмберже», «Тоталь» и Служба управления запасами полезных ископаемых Соединенных Штатов, которые сотрудничали с Технологическим институтом Джорджии, Райсовским университетом и Геологической службой Соединенных Штатов Америки. В результате проведенного расследования (Ruppel, 2018) удалось обнаружить, что бурение для выявления наличия газогидратов в мелкозернистых отложениях

может быть безопасным и не влечь за собой никаких нарушений состояния морского дна, ожидаемого в связи с диссоциацией гидратов. Полученные результаты также продемонстрировали важность целенаправленного газового потока, протекающего через локализованные проницаемые зоны, такие как песок или трещины, в формировании гидратных отложений с весьма ограниченной поперечной протяженностью. Благодаря этим результатам также удалось подчеркнуть относительно меньшую значимость особенностей морского дна, таких как бугристость, и гидратов в принятии решений о местах проведения пробоотбора в поисках более крупных залежей на больших глубинах. Работы по пробоотбору, бурению и прокладке кабелей велись на глубинах более 500 м, а также на глубинах от 200 м и 459 м ниже морского дна. В рамках второго этапа совместного промышленного проекта по газогидратам в Мексиканском заливе в 2009 году основной задачей было проведение непрерывного каротажа во время бурения в семи скважинах в трех местах в Мексиканском заливе, где прогнозируется наличие газогидратоносных песчаных коллекторов. Результаты, полученные по итогам второго этапа, свидетельствуют о том, что высоконасыщенные газогидратные пески, не содержащие внутри свободных газов, безопасны для эксплуатации, так как они не представляют риска для бурения. Открытие мощных гидратоносных песков на хребте Уокер-Ридж и в Грин-Каньоне подтверждает правильность комплексного геолого-геофизического подхода, использованного в процессе отбора участков до бурения, и дает большую уверенность в оценке объемов газогидратов в Мексиканском заливе и других морских осадочных бассейнах.

В период с марта по июль 2015 года в рамках Национальной программы Индии по газогидратам и в сотрудничестве с Японским агентством мореземледческой науки и техники и Геологической службой Соединенных Штатов Америки была проведена вторая экспедиция на борту бурового судна «Тикю» в глубоководных районах бассейна Кришна Годавари. Цель экспедиции состояла в подтверждении наличия

гидратоносных песчаных коллекторов, выявленных благодаря сейсмическим данным, а также в подсчете запасов по проценту гидратонасыщения и размерам песчаных тел. В рамках этой программы были проведены работы по пробоотбору, каротажу во время бурения, прокладке кабелей и испытанию пласта. В ходе экспедиции (Collett and others, 2019) удалось подтвердить верность прогнозируемой в бассейне Кришна Годавари склоночно-бассейновой взаимосвязанной модели осадконакопления с богатой песками руслово-вальной фацией, насыщенной метаногидратами. Исключительно подробная нефтефизическая информация, полученная с помощью каротажа во время бурения на близком расстоянии и бурения скважин в районе В блока газогидратонакопления L1, позволила получить один из наиболее полных трехмерных нефтефизических обзоров из всех известных в мире обзоров коллекторов, содержащих газогидраты.

В Китае метаногидрат был определен как один из потенциальных новых источников газа, и считается, что в Южно-Китайском море находятся одни из самых перспективных месторождений в мире. В Китае целый ряд учреждений приступили к изучению возможности использования морских гидратов в качестве источника энергии, в частности технологии, которая потребуется для их извлечения. Рассмотренные методы включают разгерметизацию и тепловое воздействие. Исследования также сосредоточены на безопасности метаногидратоносных осадочных пород при добыче газа и связанном с этим воздействием на окружающую среду (Song and others, 2014). В период с 10 мая по 9 июля 2017 года Геологическая служба Китая провела первоначальное добычное испытание и извлекла 309 000 м³ метана из морских гидратов в районе Шэньху в Южно-Китайском море (Li and others, 2018). В ходе месячной пробной добычи в Южно-Китайском море после первой пробной добычи газа из метаногидрата в 2017 году, в ходе которой за 60-дневный период было добыто в общей сложности 309 000 м³ природного газа, Китай извлек 861 400 м³ природного газа из метаногидрата, известного как «горючий лед».

5. Основные пробелы в знаниях и в формировании потенциала

В знаниях о глобальном распределении и размерах месторождений метаногидратов существуют очевидные пробелы. На карте на рисунке II показано, что для большей части мира оценки наличия газогидратов в значительной степени основаны не на результатах непосредственного наблюдения, а на экстраполяции. Кроме того, оценки количества гидратов, присутствующих в мире, в значительной степени основаны на оценках объема зоны стабильности метаногидратов, независимо от наличия или отсутствия газа для их образования. Кроме того, в значительной степени игнорировалось образование абиогенного метана в результате серпентинизации океанической коры — одного из крупных процессов в океане. Недавно был опубликован обзор газогидратов в Европе (Minshull and others, 2020), однако на глобальном уровне обновленного обзора по-прежнему нет.

Существуют также серьезные пробелы в понимании того, как будут вести себя метаногидраты в изменяющихся условиях, особенно при изменении температуры океана, способа диссоциации

метаногидратов и того, как будет вести себя в дальнейшем любой высвобожденный метан, а также его воздействия на климат и устойчивость склонов. Кроме того, еще предстоит определить, содействует ли окисление метана, выбрасываемого с морского дна, некоторая часть которого предположительно выбрасывается в результате диссоциации гидратов, окислению океана. Такие пробелы в знаниях могут быть весьма значительными, когда речь идет о выбросах океанического метана в атмосферу и его последующей функции в качестве парникового газа, хоть преобладающее мнение и заключается в том, что такая возможность ограничена (см. раздел 4 выше).

Очевидно, что Китай, Япония и другие страны развивают потенциал для обеспечения доступа к метану, хранящемуся в форме морских гидратов. В настоящее время этот потенциал носит экспериментальный или испытательный характер, однако в дальнейшем он может приобрести значимость для государств с ограниченным доступом к природному газу.

6. Перспективы

С учетом всего вышеперечисленного перспективы во многом зависят от спроса на природный газ в контексте сокращения масштабов потребления угля и других видов ископаемого топлива, от успеха экспериментов по обеспечению

доступа к метаногидратам и от дальнейшего выявления мест расположения значительных месторождений метаногидратов, которые могут оправдать их эксплуатацию.

Справочная литература

- Archer, D. (2007). Methane hydrate stability and anthropogenic climate change. *Biogeosciences*, vol. 4, No. 4, pp. 521–544. <https://doi.org/10.5194/bg-4-521-2007>.
- Archer, D., and others (2009). Ocean methane hydrates as a slow tipping point in the global carbon cycle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 106, No. 49, pp. 20596–20601.
- Bondevik, Stein, and others (2005). The Storegga slide tsunami: comparing field observations with numerical simulations. *Ormen Lange: an Integrated Study for the Safe Development of a Deep-Water Gas Field within the Storegga Slide Complex, NE Atlantic Continental Margin*, vol. 22, No. 1, pp. 195–208. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2004.10.003>.

- Boswell, Ray, and Timothy S. Collett (2011). Current perspectives on gas hydrate resources. *Energy and Environmental Science*, vol. 4, No. 4, pp. 1206–1215.
- Bryn, Petter, and others (2005). Explaining the Storegga slide. *Marine and Petroleum Geology*, vol. 22, Nos. 1–2, pp. 11–19.
- Chou, I-Ming, and others (2000). Transformations in methane hydrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 97, No. 25, pp. 13484–13487.
- Collett, T.S., and others (2019). India National Gas Hydrate Program Expedition 02: Summary of Scientific Results: gas hydrate systems along the eastern continental margin of India, *Marine and Petroleum Geology*, vol. 108, pp. 39–142.
- Day, S.J., and M. Maslin (2010). Gas hydrates: a hazard for the twenty-first century? *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 368, No. 1919, pp. 2579–2583.
- Dillon, William, and Michael Max, (2012). Oceanic gas hydrate. In *Natural Gas Hydrate: in oceanic and permafrost environments*, M. Max, ed. Berlin: Springer Science and Business Media.
- Etminan, M., and others (2016). Radiative forcing of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide: a significant revision of the methane radiative forcing. *Geophysical Research Letters*, vol. 43, No. 24, pp. 12614–12623. <https://doi.org/10.1002/2016GL071930>.
- Haq, Bilal U. (1999). Methane in the deep blue sea. *Science*, vol. 285, No. 5427, pp. 543–544.
- Henriet, J.-P., and J. Mienert (1998). Gas hydrates: the Gent debates. outlook on research horizons and strategies. *Geological Society, London, Special Publications*, vol. 137, No. 1, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1998.137.01.01>.
- Hornbach, Matthew J., and others (2004). Critically pressured free-gas reservoirs below gas-hydrate provinces. *Nature*, vol. 427, No. 6970, pp. 142–144.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Thomas F. Stocker and others, eds. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2019). Специальный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата *Океан и криосфера в условиях изменяющегося климата*. Женева.
- Kennett, James P., and others (2000). Carbon isotopic evidence for methane hydrate instability during Quaternary interstadials. *Science*, vol. 288, No. 5463, pp. 128–133.
- Klauda, Jeffery B., and Stanley I. Sandler (2005). Global distribution of methane hydrate in ocean sediment. *Energy and Fuels*, vol. 19, No. 2, pp. 459–70. <https://doi.org/10.1021/ef049798o>.
- Kvenvolden, Keith A. (1999). Potential effects of gas hydrate on human welfare. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 96, No. 7, pp. 3420–3426.
- _____ (2012). Natural gas hydrate: background and history of discovery. In *Natural Gas Hydrate: in oceanic and pPermafrost environments*, Michael D. Max, ed. Berlin: Springer Science and Business Media. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4387-5_2.
- Kvenvolden, Keith A., and Thomas D. Lorenson (2001). The global occurrence of natural gas hydrate. In *Natural Gas Hydrates: occurrence, distribution, and detection*, C. Paull and W. Dillon, eds., pp. 3–18. Washington, D.C.: American Geophysical Society. <https://doi.org/10.1029/GM124p0003>.
- Larsen, J.N., and others (2014). Polar regions. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, V.R. Barros and others, eds., pp. 1567–1612. Cambridge: Cambridge University Press.
- Li, Jin-fa, and others (2018). The first offshore natural gas hydrate production test in South China Sea. *China Geology*, vol. 1, No. 1, pp. 5–16.

- MacDonald, Gordon J. (1990). Role of methane clathrates in past and future climates. *Climatic Change*, vol. 16, No. 3, pp. 247–281.
- Maslin, Mark, and others (2004). Linking continental-slope failures and climate change: testing the clathrate gun hypothesis. *Geology*, vol. 32, No. 1, pp. 53–56.
- Maslin, Mark, and others (2010). Gas hydrates: past and future geohazard? *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 368, No. 1919, pp. 2369–2393.
- Micallef, Aaron, and others (2009). Development and mass movement processes of the north-eastern Storegga slide. *Quaternary Science Reviews*, vol. 28, Nos. 5–6, pp. 433–448.
- Milkov, Alexei V. (2004). Global estimates of hydrate-bound gas in marine sediments: how much is really out there? *Earth-Science Reviews*, vol. 66, Nos. 3–4, pp. 183–197.
- Milkov, Alexei V., and Roger Sassen (2002). Economic geology of offshore gas hydrate accumulations and provinces. *Marine and Petroleum Geology*, vol. 19, No. 1, pp. 1–11.
- Minshull, Timothy, and others (2020). Hydrate occurrence in Europe: a review of available evidence, *Marine and Petroleum Geology*, vol. 111, pp. 1–11.
- O’Hara, Kieran D. (2008). A model for late Quaternary methane ice core signals: wetlands versus a shallow marine source. *Geophysical Research Letters*, vol. 35, No. 2.
- Oyama, Ai, and Stephen Masutani (2017). Review of the Methane Hydrate Program in Japan, *Energies*, vol. 10, pp. 1447–1460.
- Ruppel, Carolyn (2015). Permafrost-associated gas hydrate: is it really approximately 1% of the global system? *Journal of Chemical and Engineering Data*, vol. 60, No. 2, pp. 429–436.
- _____ (2018). The U.S. Geological Survey’s Gas Hydrates Project. Report 2017–3079. Fact Sheet. Reston, Virginia. USGS Publications Warehouse. <https://doi.org/10.3133/fs20173079>.
- Ruppel, Carolyn, and John D. Kessler (2017). The interaction of climate change and methane hydrates. *Reviews of Geophysics*, vol. 55, No. 1, pp. 126–168.
- Ryu, Byong-Jae, and others (2013). Scientific results of the Second Gas Hydrate Drilling Expedition in the Ulleung Basin (UBGH2), *Marine and Petroleum Geology*, vol. 47, pp. 1–20.
- Saunio, Marielle, and others (2019). The global methane budget 2000–2017. *Earth System Science Data*.
- Shakhova, Natalia, and others (2014). Ebullition and storm-induced methane release from the East Siberian Arctic Shelf. *Nature Geoscience*, vol. 7, No. 1, pp. 64–70.
- Sloan, E. Dendy, Jr., and Carolyn Koh (2007). *Clathrate Hydrates of Natural Gases* (3rd edition), CRC Press, Boca Raton, Florida, United States of America.
- Song, Yongchen, and others (2014). The status of natural gas hydrate research in China: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 31, pp. 778–791.
- Sowers, Todd (2006). Late quaternary atmospheric CH₄ isotope record suggests marine clathrates are stable. *Science*, vol. 311, No. 5762, pp. 838–840.
- Tappin, D.R. (2010). Submarine mass failures as tsunami sources: their climate control. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 368, No. 1919, pp. 2417–2434.
- United Nations (2017a). Chapter 21: Offshore hydrocarbon industries. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017b). Chapter 35: Extent of assessment of marine biological diversity. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017c). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.

- United States Geological Survey (USGS) (2019). *Map of Gas Hydrates*. www.usgs.gov/media/images/map-gas-hydrates.
- United States Geological Survey World Energy Assessment Team (2000). *US Geological Survey World Petroleum Assessment 2000: Description and Results*. USGS Digital Data Series DDS-60. US Geological Survey.
- Vasiliev, V.G., and others (1970). The property of natural gases to occur in the earth crust in a solid state and to form gas hydrate deposits. *Otkrytiya v SSSR*, vol. 1969, pp. 15–17.
- Villard, M.P. (1894). Sur l'hydrate carbonique et la composition des hydrates de gaz. *Comptes Rendus de l'Académie Des Sciences*, vol. 119, pp. 368–371.
- Wróblewski, Zygmunt Florenty (1882). Sur la combinaison de l'acide carbonique et de l'eau. *Comptes Rendus de l'Académie Des Sciences*, vol. 94, pp. 212–213.
- Yefremova, A.G., and B.P. Zhizhchenko (1974). Occurrence of crystal hydrates of gases in the sediments of modern marine basins. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, vol. 214, No. 5, pp. 1179–1181.
- Yurganov, Leonid, and others (2019). Methane increase over the Barents and Kara seas after the autumn pycnocline breakdown: satellite observations. *Advances in Polar Science*, vol. 30, pp. 82–390.

Глава 25

КУМУЛЯТИВНЫЕ ЭФФЕКТЫ

Участники: Кэрен Эванс (координатор и ведущий участник), Ка Тхань Ву (соведущий участник), Скиптон Вулли, Пирс Данстан, Ролан Кормье, Элизабет Фултон, Йёрн Шмидт (соведущий участник) и Ванесса Штельценмюллер.

Ключевые тезисы

- Возрастающая нагрузка на морскую среду, возникающая из множества источников, приводит к утрате биоразнообразия, ухудшению условий местообитаний и их фрагментации, а также к болезням.
- Для эффективного внедрения экосистемно ориентированного хозяйствования требуется сформировать понимание о том, как и в какой степени деятельность человека и природные явления взаимодействуют и влияют на различные компоненты экосистемы и их функционирование. Для этого также необходимо найти решения, которые позволят предотвратить и снизить нагрузку, вызываемую такого рода взаимодействиями.
- За последние два десятилетия было разработано множество механизмов оценки взаимодействий, известных как кумулятивные эффекты. В таких механизмах используются разные подходы и терминология, а сами они применяются на разных уровнях.
- Хотя подходы различаются, оценки кумулятивных эффектов (ОКЭ), проводившиеся до настоящего времени, в основном включали в себя три основных этапа: а) сбор и сопоставление информации об интенсивности и последствиях деятельности, которая может сказываться на состоянии морских экосистем, б) определение реакции компонентов экосистемы и с) определение хозяйственных мер, которые могут быть приняты в ответ.
- Несмотря на более активное проведение таких оценок, оценки, ориентированные на конкретные регионы, области или показатели, которые составляются с учетом перечисленных выше общих принципов, сконцентрированы в основном в Европе и Северной Америке.
- Проведение ОКЭ только в конкретных регионах свидетельствует о явных пробелах в знаниях и потенциале, а также о необходимости разработать подходы, которые: а) могут быть использованы в регионах, где данных недостаточно, б) легко применимы и с) дают результаты, которые можно легко понять и которые можно использовать при принятии решений, в частности в развивающихся странах.

1. Введение

В настоящее время морская среда подвергается ряду нагрузок, многие из которых обусловлены деятельностью человека. К ним относятся изменение климата, добыча ресурсов, загрязнение (из наземных и морских источников) и проникновение инвазивных видов, что приводит к утрате биоразнообразия, ухудшению условий местообитаний и их фрагментации, а также к болезням (например, Evans and others, 2017). Цель экосистемно ориентированного хозяйствования заключается в достижении баланса между деятельностью человека и охраной окружающей среды в целях сохранения экосистемных свойств, функций и услуг¹. Для внедрения такого подхода требуется сформировать понимание о том, как и в какой степени деятельность человека и природные явления взаимодействуют и

влияют на различные компоненты экосистемы и их функционирование. Для этого также необходимо найти решения, которые позволят предотвратить и снизить нагрузку, вызываемую такого рода взаимодействиями (Halpern and others, 2008; Levin and others, 2009; Ban and others, 2010; Curtin and Prelezo, 2010). Эти взаимодействия называют кумулятивными воздействиями или кумулятивными эффектами.

Термины «кумулятивное воздействие» и «кумулятивный эффект» часто используются в качестве синонимов для описания того, каким образом нагрузки сказываются на экосистемах. Использование стандартизированных формулировок имеет ключевое значение для распространения знаний, подходов к оценке и опыта в разных системах управления и между заинтере-

¹ См. также главу 26, посвященную обзору оценок, связанных с морским пространственным планированием, и главу 27, посвященную обзору подходов к экосистемно ориентированному хозяйствованию.

сованными сторонами и организациями. Предпочтение отдается термину «кумулятивный эффект», при этом отмечается, что воздействие является гипотетическим и либо прямо не наблюдается, либо не приписывается ни одному из элементов (Murray and others, 2015). В целях сохранения единообразия в настоящей главе используется термин «кумулятивный эффект». Общепринятого определения терминов «кумулятивный эффект» и «кумулятивное воздействие» до сих пор не существует, и определения в литературе отличаются в зависимости от того, что оценивается, а также в зависимости от контекста, в котором проводится оценка (например, Anthony, 2016; Spaling and Smit, 1993; Hegmann and others, 1999; Halpern and others, 2008; Johnson, 2016; Uthicke and others, 2016). Настоящая глава составлена с учетом того понимания, что под «эффектом» можно подразумевать какое-либо изменение в окружающей среде, включая ее антропогенные составляющие, в то время как «воздействие» представляет собой последствия такого изменения (Johnson, 2016).

Существует четыре общих типа кумулятивных эффектов: аддитивный, синергетический, антагонистический (компенсационный) и маскировочный (Sonntag and others, 1987; Hegmann and others, 1999; Crain and others, 2008; Halpern and others, 2008). Аддитивные эффекты представляют собой прирост нагрузки, вызванный каким-либо видом деятельности, при этом с течением времени величина каждого последующего прироста добавляется к величине предыдущих приростов. Синергетические эффекты, также называемые усиливающими или экспоненциальными, приводят к расширению масштабов последствий отдельных нагрузок, причем степень серьезности совокупных последствий превышает степень серьезности аддитивных эффек-

тов. Антагонистические или компенсационные эффекты приводят к менее серьезным совокупным последствиям, нежели аддитивные эффекты. Маскировочные эффекты приводят к тем же последствиям для экосистемы или социальной составляющей, что и воздействие только одной из нагрузок. Воздействия, которые можно считать кумулятивными, могут возникать в результате одного вида деятельности, который многократно создает одну и ту же нагрузку, одного вида деятельности, который создает многочисленные нагрузки, нескольких видов деятельности, которые создают одну и ту же нагрузку, или нескольких видов деятельности, которые с течением времени создают многочисленные нагрузки (Foley and others, 2017).

Хотя тема оценок кумулятивных эффектов не была включена в первую «Оценку состояния Мирового океана» (United Nations, 2017a), ряд факторов, влияющих на экосистемные услуги, рассматривался в каждой из представленных в ней глав по регионам, а резюме нагрузок, влияющих на морскую среду, было представлено в главе 54 (United Nations, 2017b). Вместе с тем в главе 54 не было предпринято попыток провести какую-либо оценку кумулятивных эффектов этих нагрузок или определить рамочные стратегии, на основе которых можно было бы такие оценки провести. Таким образом, в настоящей главе представлен обзор ключевых элементов оценки кумулятивных эффектов, а также обзор подходов и результатов их применения, включая подробную информацию об использовании нескольких подходов в регионах. Цель данного обзора заключается в том, чтобы предоставить исходные данные о разнообразии подходов и их использовании, которые могут быть полезными для определения изменений в подходах и их применении в рамках будущих глобальных оценок.

2. Оценки кумулятивных эффектов

За последние два десятилетия был разработан целый ряд рамочных стратегий для оценки кумулятивных эффектов в контексте окружающей среды, в ходе чего использовались различные подходы и терминология (Stelzenmüller and others, 2018). Кроме того, основное внимание в данных стратегиях уделялось разным направле-

ниям, причем в некоторых из них применялся общесистемный подход, в рамках которого в оценку были включены все существующие стрессоры и эффекты их воздействия на общие компоненты морской среды. В других же основное внимание было сосредоточено на отдельных стрессорах и отдельных видах или местообитаниях (Corpi-

nen and others, 2012; Marcotte and others, 2015; Coll and others, 2016). Из результатов 154 исследований, рассмотренных Штельценмюллером и др. (Stelzenmüller and others, 2018), был сделан ряд ключевых выводов в отношении различных используемых подходов, включая следующие: а) экспертные знания и качественные данные используются в оценках в низкой или умеренной степени; б) использование геоинформационных систем является практически необходимым условием для проведения оценки; в) существуют значительные пробелы в устранении неопределенности по всем компонентам каждой из оценок и д) все чаще для использования в оценках разрабатываются новые интеграционные методы, например, включающие сочетание качественных данных и качественное моделирование для оценки состояния экосистем и нагрузок.

Хотя подходы могут различаться, было выявлено несколько общих элементов, которые должны быть включены в оценки кумулятивных эффектов (ОКЭ), предназначенные для использования в качестве подспорья в решении вопросов управления и планирования (Halpern and others, 2008; Kappel and others, 2012; International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2019). Эти элементы можно разбить на широкие категории с точки зрения информации о деятельности, вызывающей нагрузки, которые могут сказываться на морских экосистемах, информации о мерах, которые можно принять для управления этой деятельностью и, следовательно, нагрузками, а также с точки зрения реакции компонентов экосистемы, которая, в свою очередь, зависит от запаса прочности и потенциала восстановления этих компонентов в результате вызванных нагрузок.

В основу процесса, используемого до настоящего времени для проведения ОКЭ, заложен метод картирования, который включает рассмотрение пространственно-временных последствий одной или нескольких нагрузок (включая частоту осуществления конкретной деятельности и связанной с ней интенсивности нагрузок) применительно к компонентам морской экосистемы, которые подвергаются или могут подвергнуться этим нагрузкам (Elliott and others, 2020). Кроме того, в рамках этого процесса рассматривается степень уязвимости этих компонентов экосистемы (включая их чувствительность) и риск, ко-

торому они подвергаются, с учетом любых мер хозяйствования, которые могут быть приняты. Это позволяет определить остаточную нагрузку, остающуюся после учета хозяйственных мер, и рассчитать степень ожидаемого кумулятивного эффекта (Halpern and others, 2008; Kappel and others, 2012; ICES, 2019). На рисунке I представлены вышеперечисленные этапы. Сложность ОКЭ определяют взаимосвязанность и неоднородность компонентов, функций и процессов экосистемы, а также неопределенность биофизических процессов наряду с различными уровнями интенсивности деятельности, влияющей на окружающую среду.

Ниже представлены ключевые функциональные шаги, предпринимаемые при проведении ОКЭ:

1. Определение значений оцениваемой морской системы

Первым шагом проведения оценки является определение существенных значений в месте проведения оценки и их пространственно-временного распределения в районе, охватываемом оценкой. По своей природе значения могут подпадать под экологическую, социальную, экономическую или культурную сферу.

2. Определение видов деятельности, в связи с которыми возникают нагрузки на морскую систему (стрессоры)

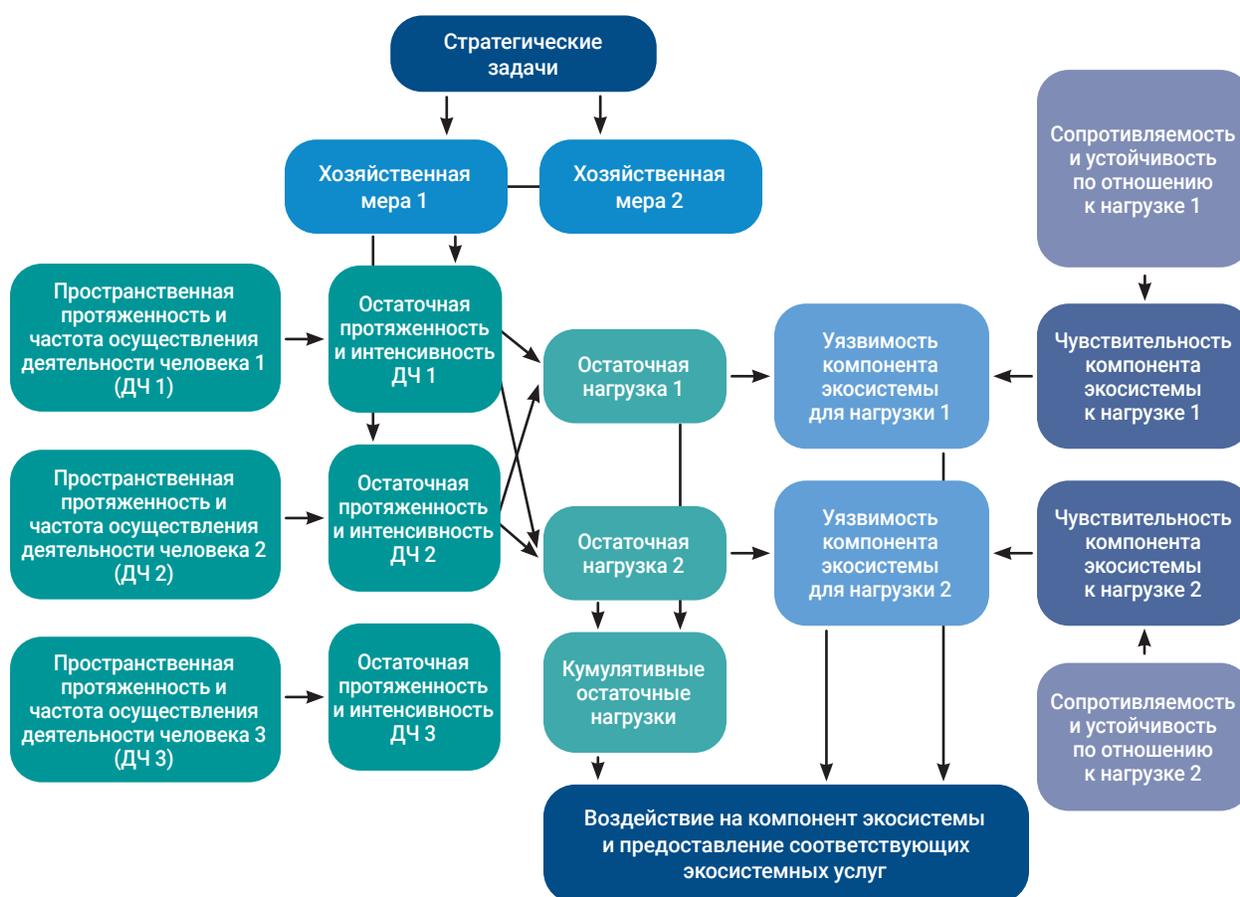
Выявление значимого выражения потенциального кумулятивного воздействия подразумевает подтверждение того, что между значениями системы и нагрузками действительно происходит взаимодействие. Необходимо выявить любые нарушения и виды деятельности, которые потенциально могут привести к возникновению нагрузки на морскую систему в районе проведения оценки, а также составить карту характера нагрузки (прямая, косвенная, непрерывная или периодическая нагрузка) и количественно оценить такую нагрузку и ее пространственно-временное распределение. Это — ключевой фактор в проведении ОКЭ. Целый ряд видов деятельности или нарушений, концентрирующихся на небольшой площади за короткий промежуток времени, могут привести к возникновению нагрузок или стрессоров, число которых только увеличивается из-за эффекта скопления. Хотя район может отличаться устойчивостью к некоторым

уровням нарушения, в том случае, если скорость превышения этого уровня выше скорости естественного восстановления, показатели нарушения могут превысить экологические или социальные пороговые показатели какого-либо ценного компонента (Johnson, 2016). Кроме того, воздействие нагрузок может распространяться за пределами непосредственной зоны деятельности, что приводит к запаздывающему эффекту на тех участках, которые не попадают в зону

непосредственного воздействия. В связи с этим при оценке подверженности риску необходимо учитывать степень, распространение, частоту и продолжительность периода сохранения нагрузок, связанных с той или иной деятельностью (Borgwardt and others, 2019). Кроме того, с целью выявления потенциальных возникающих рисков необходимо рассмотреть все потенциальные стрессоры в пределах района проведения оценки и в непосредственной близости к нему.

Рисунок 1

Элементы оценки кумулятивных эффектов с упором на количественную оценку эффектов, связанных с воздействием деятельности человека на экосистемы



Источник: Адаптировано из ICES (2019).

Существует множество подходов, которые могут быть использованы для картирования и проведения количественной оценки пространственно-временного распределения как значений, так и стрессоров, например, применение геоинформационных систем и использование про-

странственной интерполяции и динамических моделей (например, Andersen and others, 2013; Robinson and others, 2013; Borgwardt and others, 2019; Dunstan and others, 2019). В связи с различной природой значений и стрессоров и способов их оценки, а также данных или информации, ко-

торые могут быть использованы в ходе картирования, маловероятно, что во всех случаях будет уместен один и тот же подход. Скорее, применяемый подход должен опираться на имеющиеся данные (включая их сложность), надлежащим образом отражать пространственно-временные компоненты данных и устранять любые факторы неопределенности, предубеждения или допущения, связанные с данными.

3. Концептуальная связь нагрузок и значений

Для увязки выявленных значений и различных потенциальных видов деятельности и стрессоров в районе оценки можно использовать концептуальные подходы (например, основанные на качественных или количественных моделях, которые позволяют определить пути воздействия) (например, Dambacher and others, 2009; Anthony and others, 2013) и определять, каким образом компоненты и процессы связаны в морской среде, каким образом природные и антропогенные стрессоры могут влиять на систему, а также выявлять пробелы в знаниях и ключевые факторы неопределенности в системе. В идеале в таких подходах учитывается природа потенциальных взаимодействий между видами нагрузки, вызванной множественными стрессорами, и в то же время признается, что взаимодействия могут быть нелинейными и что по своей природе они могут быть синергетическими, антагонистическими или маскировочными (см. раздел 1 выше). Изначально понять, каким образом происходит взаимодействие между значениями и нагрузками, можно с помощью показателей качественных моделей, которые позволяют выявлять направление, природу и масштаб взаимодействий. Затем прогнозы изменений можно оценить с помощью вероятностного моделирования (например, Anthony and others, 2013). Применение такого подхода позволяет определить степень воздействия (т. е. степень серьезности) на определяемые значения и, следовательно, те взаимодействия, которые являются наиболее важными, что позволяет сосредоточить усилия на достижении более глубокого понимания, картировании и количественной оценке воздействия.

4. Оценка риска и факторов неопределенности

Как только будут поняты пути воздействия нагрузок на значения, можно будет количественно оценить степень воздействия на конкретное значе-

ние, так чтобы уровень воздействия, вызванного различными стрессорами, был интегрирован во все их индивидуальные пространственные масштабы — их «зоны влияния» (Anthony and others, 2013; см. также рисунок 11). Затем можно оценить риск для конкретного значения, связанный с воздействием, вызванным нагрузкой и связанной с ней неопределенностью, и при этом отметить, что зачастую само по себе ограниченное понимание как значений, так и нагрузок также является одним из источников неопределенности. Например, часто пространственно-временные закономерности нагрузок известны не до конца, равно как и реакция конкретных значений на нагрузки, которые могут меняться в пространстве и времени (Stock and Micheli, 2016). Поскольку выявление источников неопределенности и степени их воздействия на результаты оценки само по себе может быть затруднительным, необходимо провести соответствующий анализ чувствительности, в рамках которого будет изучено воздействие всех стрессоров и их взаимодействие (Stock and Micheli, 2016). В оценке рисков должны отражаться сложность компонентов системы и взаимодействия с видами деятельности, а также связанные с ней факторы неопределенности, и в нее должны включаться соответствующие пространственно-временные распределения любых последствий, как положительных, так и отрицательных (например, Gregory and others, 2012; Stock and Micheli, 2016).

5. Обоснование

Наконец, там, где это возможно, следует обосновывать правильность сетей взаимодействия, карт распределения рисков и кумулятивных эффектов с учетом результатов наблюдений (хотя на практике это происходит относительно редко; см. Halpern and Fujita, 2013). Для эффективного проведения такого обоснования необходимо, чтобы оценки рисков представлялись в отчетах таким образом, чтобы за этими рисками можно было наблюдать, то есть, чтобы они были измеримыми и наносились на карту на местах.

Одной из рамочных стратегий, которой можно воспользоваться в ходе разработки количественных моделей для оценки эффектов и для взаимодействия с директивными органами и другими субъектами, принимающими решения, является стратегия «побудители-нагрузки-

Рисунок II
Концептуальная модель, иллюстрирующая зоны влияния для двух примеров точечных источников: А) речной сток из водосборных бассейнов и В) развитие городской или портовой инфраструктуры



Примечание. Вероятности изменения каждого из значений экосистемы и масштабы потенциального воздействия на все значения экосистемы (при учете в этих вероятностях факторов неопределенности) рассчитываются в пределах каждой зоны влияния.

Источник: Anthony and others (2013).

состояние-воздействие-реакция» (Smeets and Weterings, 1999; Elliott and others, 2017). Она основана на концепции, согласно которой побудители (исходные природные и антропогенные силы) подвергают окружающую среду нагрузкам (не-

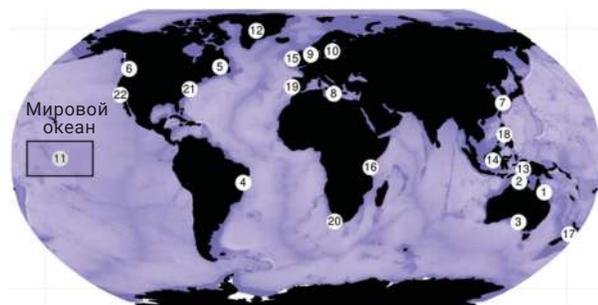
посредственные факторы), которые приводят к изменениям в состоянии окружающей среды. Для того чтобы ОКЭ была практичной, в нее также должна непосредственно включаться оценка эффективности хозяйственных мер (Cormier and others, 2018; Stelzenmüller and others, 2018), в частности в том, что в первую очередь касается количественной оценки воздействия принятия любых хозяйственных мер на нагрузки и обусловленных ими последствий, а, во-вторых, определения того, каким образом можно скорректировать эти хозяйственные меры, чтобы и дальше снизить эти нагрузки и смягчить обусловленные ими последствия. Вместе с тем на данный момент в большинстве ОКЭ все еще отсутствует связь между оценкой кумулятивных эффектов и хозяйственными мерами, при помощи которых можно регулировать деятельность, вызывающую соответствующие нагрузки (Hayes and others, 2015; Cormier and others, 2017). В результате во многих ОКЭ представлены ограниченные связи между процессами планирования и нормативной базой, благодаря которым можно было бы определить, в каких сферах может потребоваться осторожный подход и в каких сферах необходимо улучшить хозяйственную практику (ICES, 2019). Кроме того, в рамках большинства общепринятых методов ОКЭ считается, что предоставление экосистемных услуг и проведение оценки социально-культурных эффектов выходят за рамки оценки (ICES, 2019).

3. Региональное использование результатов оценок кумулятивных эффектов на морскую среду: распределение и подходы

За последние два десятилетия происходит быстрое внедрение ОКЭ в морские системы, причем их используют в региональных морских оценках, планировании и нормативных процессах (Halpern and others, 2015; ICES, 2019). Вместе с тем, несмотря на их более широкое распространение, оценки, проводящиеся с учетом тех же общих шагов, о которых говорится в разделе 2, в основном проводятся только в Европе и Северной Америке (Korpinen and Andersen, 2016; см. также рисунок III и таблицу).

Корпинен и Андерсен (Korpinen and Andersen, 2016) провели обзор ОКЭ в попытке представить те методы и виды практики, которые связаны с проведением таких оценок в морской среде. В частности, цель этого обзора заключалась в том, чтобы определить, можно ли сопоставить различные переменные, используемые в ОКЭ, и можно ли опираться на результаты обоснования ОКЭ. Хотя аналогичные методологические подходы были выявлены в половине рассмотренных исследований, которые основывались на методе Хэлперна и др. (Halpern and others, 2008), только

Рисунок III
Глобальное распределение оценок кумулятивных эффектов, проведенных в морских экосистемах (2016–2019 годы)



Примечание. Обновленная информация к тем оценкам, которые подробно описаны в изданиях Корпинена и Андерсена (Korpinen and Andersen, 2016). Цифры соответствуют сводке оценок, приведенной в таблице.

относительно немногие из них были посвящены основным факторам неопределенности в использовании таких подходов, как указано в работе Хэлперна и Фуджиты (Halpern and Fujita, 2013). В ходе обзора было выявлено несколько ключевых областей ОКЭ, в которых необходимо приложить больше усилий, включая обоснование и сопоставительный анализ нагрузок, включение точных измерений временных компонентов человеческой деятельности (многие полагали, что разные виды деятельности осуществлялись на протяжении длительного периода времени и пересекались друг с другом во времени) и учет исторических последствий, которые уже привели к изменениям в морской среде.

На основе этого исследования в преддверии публикации настоящей «Оценки» был проведен обзор опубликованной с 2016 года рецензируемой литературы путем поиска в базе данных «Скопус» (Scopus) таких ключевых слов, как «кумулятивный эффект» и «кумулятивное воздействие», с целью предоставления обновленной краткой информации об оценках. В таблице представлены обзор каждого подхода и результаты каждой из проведенных ОКЭ.

По итогам обновленного обзора удалось сделать следующие основные выводы:

- Подходы к проведению оценки должны быть контекстуально обоснованными. С учетом

вышесказанного, хотя в подходы должны включаться функциональные шаги, изложенные в настоящей главе, при разработке подходов к проведению ОКЭ необходимо учитывать шкалу (и разрешение), по которой проводится оценка, измеряемые значения, данные, имеющиеся для проведения такой оценки, факторы неопределенности, связанные с этими данными, конкретные хозяйственные цели при проведении оценки и формат полученных результатов, в частности их пригодность для использования в ходе планирования и управления.

- В оценках должны учитываться масштабы и пространственно-временная вариативность данных и связанная с ними неопределенность (в том числе в отношении качества данных), что позволит не только обеспечить получение по итогам проведения ОКЭ надежных результатов, но и сосредоточить внимание на тех областях, где может не хватать знаний и где в будущем следует прилагать усилия для повышения эффективности оценок и уменьшения факторов неопределенности.
- В большинстве ОКЭ не хватает полученных экспериментальным и наблюдательным путями измерений чувствительности компонентов экосистемы к воздействию стрессоров, и поэтому результаты оценок должны проверяться наблюдательным путем.
- Во многих оценках вместо повторных временных исследований, в которых можно было бы предоставить информацию об изменениях в кумулятивных эффектах с течением времени (т. е. о тенденциях), по-прежнему даются одномоментные оценки или временные средние значения кумулятивных эффектов.
- Для того чтобы обеспечить использование результатов ОКЭ в процессах принятия решений, в эти оценки должны включаться взаимосвязи между оценкой кумулятивных эффектов и хозяйственными мерами, с помощью которых можно регулировать деятельность, вызывающую различные нагрузки. Во многих оценках такие связи по-прежнему отсутствуют. Кроме того, лишь в немногих оценках рассматривается эффективность принятия хозяйственных мер

в контексте деятельности, которая приводит к различным нагрузкам и кумулятивным эффектам в окружающей среде.

- В оценках, связанных с управленческими и нормативными процессами, в большинстве случаев учитываются только последствия деятельности в пределах регулируемого района и не учитывается рассредоточение последствий за пределами оцениваемого района (т. е. региональные или экосистемные последствия). В связи с этим важно рассмотреть пространственное разделение места осуществления деятельности и эффекта нагрузки (например, Stephenson and others, 2019).
- Для максимально полного использования результатов ОКЭ в процессах принятия решений необходимо предоставлять четкую информацию о рисках и факторах неопределенности, связанных с оценками рисков. Чтобы помочь руководителям, заинтересованным сторонам, ученым и инженерам понять причинно-следственные связи риска, в оценках необходимо четко описывать причины и последствия возникновения пагубных эффектов (например, Nicol and others, 2019).
- Хотя подавляющее число ОКЭ проводятся в Европе и Северной Америке, обнадеживает то, что результаты оценок публикуются в тех областях, в которых раньше, согласно Корпинену и Андерсену (Korpinen and Andersen, 2016), они вообще не проводились. Юрисдикции многих развивающихся стран еще не удалось оценить каким-либо из формальных способов, если не считать общего охвата глобальным анализом, подобным тому, который проводился Халперном и др. (Halpern and others, 2015). Это свидетельствует о явных пробелах в потенциале и необходимости разработки подходов, которые: а) могут применяться в регионах, где отсутствуют данные; б) могут включать в себя нетрадиционные источники данных, такие как наблюдения общества (например, гражданская наука) и традиционные знания; в) легко внедряются (как с точки зрения навыков, так и с точки зрения времени); д) могут легко корректироваться по мере поступления новой информации или возникновения новых проблем и е) дают

результаты, которые можно легко понять и которые можно использовать при принятии решений.

Подробное описание многочисленных подходов к проведению ОКЭ, применяемых в морской среде в глобальном масштабе, выходит за рамки настоящей главы. Ниже приводится более подробная информация о различных механизмах, внедренных для оценки кумулятивных эффектов в южном и северном полушариях, а также о развитии событий в тех районах, где ОКЭ проводились в меньшей степени.

3.1. Большой Барьерный риф, Австралия

Установлено, что Большой Барьерный риф подвергается воздействию целого ряда нагрузок местного и глобального масштабов, в том числе связанных с изменением климата, (циклонными) штормами и наводнениями, стоком нутриентов и осадений в результате землепользования, загрязнителями (включая пестициды, морской мусор, пластмассу, наночастицы, шум и свет), использованием человеком морской среды и болезнями (Uthicke and others, 2016). Общее состояние здоровья рифов на протяжении уже некоторого времени ухудшается (De'ath and others, 2012), а массовое обесцвечивание, имевшее место в 2016, 2017 и 2020 годах, привело к дальнейшему ухудшению их здоровья (Smith and Spillman, 2020). Согласно некоторым источникам, в результате таких нагрузок произошли необратимые изменения северной части рифа (Hughes and others, 2017).

Разработка ОКЭ для рифа отличалась циклическостью. В ходе проведения в 2012 году первой официальной ОКЭ использовался комбинированный подход кумулятивного воздействия и структурированного принятия решений, в который включались как качественные, так и вероятностные модели для рассмотрения влияния подгруппы кумулятивных стрессоров (биогенные вещества, мутность и седиментация, эрозия среды обитания и изменение климата) на коралловые рифы и экосистемы морских трав (Anthony and others, 2013). В рамках этого подхода был разработан процесс принятия решений, который позволял изучать гипотетические хозяйственные меры, последствия и компромиссы.

Этот подход, совмещающий в себе кумулятивное воздействие и структурированное принятие решений, получил дальнейшее развитие, в связи с чем в него были интегрированы статистические, экотоксикологические, концептуальные, полуколичественные и количественные механистические модели и структурированный анализ решений для оценки кумулятивных эффектов в контексте среды коралловых рифов (Uthicke and others, 2016). Результаты, полученные в рамках этой системы, включают карты рисков и подверженности рискам, а также оценку нагрузки и пороговых значений для конкретных мест и экологических сообществ, представляющих интерес. В результате использования такой системы было признано, что: а) линейные изменения в экосистемах происходят редко (т. е. изменение не обязательно является аддитивным), б) экологические пороговые значения и реакция на многочисленные нагрузки, вероятно, будут изменяться в течение экологически значимых периодов времени в ходе акклиматизации (которая может смягчить последствия) или с учетом динамического комбинированного эффекта (который усиливает реакцию), и с) прогнозы, не подтвержденные экспериментальными или собранными на местах данными, могут привести к ложным выводам и неэффективному капиталоложению в хозяйственные процессы.

Подход Утике и др. (Uthicke and others, 2016) выходит за рамки простого пространственного расчленения значений распределения стрессоров и допущений, согласно которым кумулятивные эффекты являются линейно аддитивными по своей природе, с учетом того, что это позволяет механически понять нелинейные взаимодействия (путем разработки полноценных кривых реакции, учитывающих антагонистические и синергетические взаимодействия) с последствиями в хозяйственной области. Эта система проведения ОКЭ, известная как политика управления кумулятивным воздействием «Риф 2050»², сопровождаемая рядом предлагаемых руководящих принципов для ее внедрения (Dunstan and others, 2019), была внедрена совсем недавно³. Благодаря участию Управления Морского парка Большо-

го Барьерного рифа (управляющего агентства, отвечающего за рифы) в разработке этой системы удалось обеспечить ее учет во всех будущих процессах планирования и утверждения на региональном уровне, а также на уровне ее применения в конкретных контекстах в области развития. В ходе этого первого (показательного) этапа применения руководящих принципов удалось увязать данные, собранные о системах мелководных коралловых рифов, с пространственными данными о распределении нагрузок с помощью моделирования структурными уравнениями, что указывает на сильную зависимость кумулятивных эффектов от контекста (Dunstan and others, 2019). При анализе кумулятивных эффектов была подчеркнута роль, которую результаты долгосрочного мониторинга играют в разработке оценок.

3.2. Северное море

Северное море представляет собой одну из наиболее пострадавших морских экосистем в Мировом океане (Halpern and others, 2008), которая испытывает воздействие многочисленных антропогенных стрессоров, связанных с глобальными и региональными изменениями, включая развитие прибрежных районов и уничтожение среды обитания, эвтрофикацию, загрязнение окружающей среды и рыболовство (Emeis and others, 2015). Кроме того, в Северном море климатические изменения выражены наиболее ярко (Burrows and others, 2011; Holt and others, 2012), поскольку в этом районе происходят резкие изменения в структуре и функционировании пищевой цепи, о которых сообщается в контексте тенденций, связанных с уровнем моря, температурой океана и закислением (Reid and others, 2001; Beaugrand, 2003; Weijerman and others, 2005; McQuatters-Gollop and others, 2007; Kenny and others, 2009; Lynam and others, 2017). В частности, от рыбного промысла и изменения климата сильно пострадали популяции рыб Северного моря, причем с 2000 года сообщается о быстрых и значительных изменениях (Engelhard and others, 2014; Fock and others, 2014; Sguotti and others, 2016; Frelat and others, 2017).

² См. www.gbrmpa.gov.au/our-work/reef-strategies/Reef-2050-policies#.

³ См. <http://hdl.handle.net/11017/3389>.

Оценки, составленные для изучения воздействия деятельности человека на экосистемные компоненты Северного моря, в основном включали в себя исследования по вопросам моделирования, посвященные воздействию различных методов демерсального промысла, и выведенные совокупные показатели нарушения бентоса при использовании таких методов (Stelzenmüller and others, 2015; Rijnsdorp and others, 2016; Hidink and others, 2019). Только в последнее десятилетие оценке совокупного воздействия деятельности человека (помимо рыболовства) на морскую среду уделяется все больше внимания. (Stelzenmüller and others, 2010; Fock, 2011; Foden and others, 2011). Это объясняется не только ограничениями, связанными с данными, которые могут иметься в распоряжении при проведении ОКЭ, но и сложными социально-экологическими взаимосвязями в регионе Северного моря, в немалой степени обусловленными наличием юрисдикций разных государств.

В последнее время больший упор делается на разработку подходов, которые позволяют оценивать не только кумулятивные эффекты деятельности человека, но и сами эффекты в значительно более широких пространственных масштабах, чем было принято ранее (Knights and others, 2015; Piet and others, 2019), благодаря чему станет возможным вынесение более адресных рекомендаций управляющим субъектам (Piet and others, 2017; Cormier and others, 2018). В подходы включена оценка риска воздействия-эффекта, в которой учитываются матрицы увязки сектора-нагрузки-экологических компонентов (Knights and others, 2015; Piet and others, 2019) и пространственное картирование деятельности или стрессоров и компонентов экосистемы в сочетании с путями установления связей, определенными в экспертных выводах (Andersen and others, 2013), аналогично подходу, описанному Хэлперном и др. (Halpern and others, 2008). Полученные в результате проведения такой оценки результаты позволили выявить ключевые области, в которых кумулятивные эффекты являются наибольшими, а также связанные с ними стрессоры. Вместе с тем оценку в масштабах всего Северного моря провести все еще не удалось.

Один из формирующихся подходов к проведению оценки кумулятивных эффектов в регио-

не, в частности в контексте управления или регулирования, включает в себя систему, сочетающую концептуальную структуризацию причинно-следственных связей и количественную оценку эффектов (Cormier and others, 2018). В рамках этого подхода подчеркивается необходимость оценки эффективности хозяйственных мер в деле снижения антропогенной нагрузки, что необходимо для понимания преобладающей кумулятивной нагрузки на отдельные компоненты экосистемы.

3.3. Другие регионы

Как указано в обзоре, представленном в настоящей главе, за пределами Северной Америки и Европы было проведено лишь несколько ОКЭ (см. таблицу). К числу ОКЭ, проведенных в других странах, относятся оценки в странах Азиатского региона, где для измерения интенсивности 10 нагрузок (включая урбанизацию, прибрежную, якорную и портовую инфраструктуру, сброс сточных вод, аквакультуру, газодобывающую платформу, солеразработку и туризм) в бухте Цзяочжоувань в Китае был использован экспертный пошаговый логический процесс принятия решений (Wu and others, 2016). Затем взвешенные результаты были объединены с показателями расстояния, рассчитанными с помощью геоинформационных систем, для составления карт, на которых отображались все кумулятивные эффекты вместе взятые. В Гонконге, Китай, аналогичный подход был использован для изучения потенциальных последствий для выживания местной популяции китайского дельфина (*Sousa chinensis*) (Marcotte and others, 2015). В этом случае, однако, взвешивание проводилось с точки зрения воздействия степени тяжести каждого из эффектов на выживание дельфинов.

Помимо конкретных примеров ОКЭ, приведенных выше, в регионах Азии и Латинской Америки существуют и другие связанные с этим оценки или оценки прекурсоров, что лишь свидетельствует о том, что в этих регионах можно было бы провести больше ОКЭ. Например, метод комплексного анализа рыбопромысловых рисков в контексте экосистемного подхода, разработанный Чжаном и др. (Zhang and others, 2011), в рамках которого рассматривалась эффективность стратегий ведения рыбного хозяй-

ства с точки зрения целей экосистемного подхода к хозяйствованию, можно легко применить не только к рыболовству, но и к другим видам человеческой деятельности. В рамках этого подхода непосредственно рассматриваются аспекты местных рыбных запасов, местообитаний, мер по сохранению биоразнообразия и экономических показателей рыбного промысла. Важно, что в нем анализируются и нагрузки, оказываемые рыбным промыслом на экосистемы. Именно на этом этапе такой подход можно было бы применить и к другим видам деятельности в качестве одного из способов разработки ОКЭ.

4. Перспективы

В большинстве проведенных на данный момент ОКЭ внимание сосредоточено на оценке видов деятельности и последствий, которые уже имели место в морской среде. К идее перехода к оценкам, позволяющим осуществлять прогнозирование или предсказание и тем самым получать информацию для будущего планирования деятельности или разработки адаптивных и упреждающих хозяйственных подходов, относятся со все большим энтузиазмом (например, Lukic and others, 2018; см. также гл. 26). По прогнозам, к 2030 году глобальный экономический вклад морских отраслей удвоится (Organization for Economic Cooperation and Development, 2016) и достигнет 3 трлн долл. США, при этом в геометрической прогрессии (или аналогичным образом) увеличится их влияние и расширится взаимодействие между этими секторами (McCauley and others, 2015; Plagányi and Fulton, 2017). Во избежание нежелательных результатов и снижения ценности морских систем потребуются проводить такие ОКЭ, по результатам которых полученную информацию можно будет использовать в адаптивном управлении и принятии решений на основе фактических данных. Для этого пригодятся динамические языки, методы и модели исследований, охватывающие различные дисциплины. Развитие такого подхода сопряжено с некоторыми трудностями и потребует значительных усилий, в частности в четком пространственно-временном прогнозировании воздействия каждого из стрессоров в будущем, а также в учете меняющегося характера взаимодействий между стрессорами.

В качестве подспорья при разработке ОКЭ также можно использовать динамические модели, основанные на процессах, которые позволяют непосредственно объединять многочисленные виды человеческой деятельности, включая рыболовство, аквакультуру, городское развитие, морской транспорт, добычу полезных ископаемых, лесное хозяйство, сельское хозяйство и туризм, с целью изучения последствий для будущей хозяйственной деятельности, развития и расширения устойчивой аквакультуры в чилийской части Патагонии (Steven and others, 2019).

Вместе с тем разработка единой и широко применяемой ориентированной на будущее методологии проведения ОКЭ, по крайней мере в ближайшем будущем, по всей вероятности невозможна из-за присущих ей трудностей, связанных с устранением в будущих прогнозах основных факторов неопределенности. В этом направлении полезным шагом станет совершенствование руководящих принципов и передовой практики в целях содействия использованию таких подходов к проведению ОКЭ.

Как относительно ориентированных на будущее, так и относительно учитывающих прошлое подходов формируется единое мнение о необходимости расширения охвата методов, связанных с проведением ОКЭ, что позволит перейти от изучения множественных эффектов отдельных видов деятельности в области развития или скопления эффектов множественных сходных видов деятельности в рамках одного промышленного сектора к изучению совокупных эффектов всех нагрузок, сказывающихся на морских экосистемах. В рамках систем моделирования, подобных тем, которые были подробно описаны выше, удалось выявить, что реакция морских систем зачастую носит нелинейный и синергетический характер, а в формировании окружающей среды важную роль играют антагонистические эффекты (Crain and others, 2008; Hunsicker and others, 2016; Uthicke and others, 2016). Необходимо расширить потенциал использования подходов к концептуальному и статистическому моделированию, которые позволяют получить механически обоснованное

понимание нелинейных взаимодействий между стрессорами, неаддитивных эффектов на морскую среду и соответствующей реакции морской среды. Как указывалось выше, признается, что разработка таких подходов сопряжена с некоторыми трудностями и потребует значительных усилий. Полезным шагом вперед в этом отношении станут совершенствование руководящих принципов и передовой практики для содействия разработке таких подходов к проведению ОКЭ и поощрение готовности формировать потенциал в их применении и использовании.

В то время как мета-анализ (например, Crain and others, 2008) помогает исследователям понять распространенность аддитивных, синергетических и антагонистических взаимодействий, статистические подходы помогают им определить наличие и природу неаддитивных взаимодействий (например, Teichert and others, 2016). Кроме того, были достигнуты значительные успехи в устранении неопределенности в оценках (например, Rochet and others, 2010; Foster and others, 2014; Gissi and others, 2017) и некоторый прогресс в определении пороговых значений и контрольных точек, использующихся в оценках, хотя они могут быть в некоторой степени субъективными,

поскольку зависят от общественных целей (например, Samhoury and Levin, 2012; Large and others, 2015; Samhoury and others, 2012; 2017). Включение факторов неопределенности позволяет не только более точно интерпретировать результаты оценок, но и упрощать процесс адаптивного управления и определять приоритеты исследований для заполнения пробелов в знаниях в целях постоянного совершенствования мер управления.

В конечном счете, чтобы расширить географический охват ОКЭ, дальнейшие усилия должны быть направлены на разработку подходов, которые могут быть применены, в частности, в ситуациях нехватки данных, и которые дают результаты, которые могут быть легко поняты и учтены в процессах принятия решений (Stelzenmüller and others, 2020). Это позволило бы лучше подготовить директивные органы к тому, чтобы они могли учитывать динамичный характер быстро меняющихся морских экосистем, в которых сочетание и относительное доминирование различных нагрузок будет меняться во времени и пространстве.

Сводка оценок кумулятивных эффектов (2016–2019 годы) в разбивке по странам и регионам

Номер на карте ^a	Географический регион	Регион океана	Оценочные подходы	Цели оценки	Результаты оценки	Список справочной литературы
1	Австралия	Южная часть Тихого океана	<p>Качественные концептуальные модели</p> <p>Байесовские сети доверия</p> <p>Статистические модели</p> <p>Механистические модели</p> <p>Расчеты индекса</p> <p>Обзоры литературы</p>	<p>Составить карту коралловых местообитаний с учетом достигнутого научным сообществом понимания и выявить пробелы</p> <p>Выявить ограничения существующих методов оценки</p> <p>Оценить влияние тралового лова креветок</p> <p>Выявить факторы воздействия, влияющие на рифовые местообитания и сообщества</p> <p>Оценить реакцию кораллов на потепление и седиментацию океана</p> <p>Выявить в рамках сценариев изменения климата его кумулятивные эффекты в отношении множества видов, меняющих ареалы, и оценить хозяйственные меры реагирования</p>	<p>Продолжающееся общее ухудшение состояния Большого Барьерного рифа</p> <p>Соображения по проведению оценок кумулятивных эффектов (ОКЭ) (включая факторы неопределенности и предубеждения) и рекомендации по их распространению, в том числе по разработке систем оценки, которые можно использовать в целом ряде направлений деятельности и районов</p> <p>Выявление пробелов в знаниях</p> <p>Возможность возникновения трофических каскадов и негативных последствий для динамики и продуктивности экосистемы, вызванных перераспределением множества видов</p>	<p>Grech and others, 2011; Marzloff and others, 2016; Uthicke and others, 2016; Bessell-Browne and others, 2017; Richards and Day, 2018; Dunstan and others, 2019</p>
2	Австралия	Южная часть Тихого океана и Индийский океан	<p>Пространственное картирование</p>	<p>Оценить кумулятивные закономерности в прилове морских черепах</p>	<p>Выявление основной зоны прилова в заливе Карпентария, где промысловое рыболовство сказалось на многочисленных видах</p>	<p>Riskas and others, 2016</p>
3	Австралия	Индийский океан	<p>Пространственное картирование</p>	<p>Оценить кумулятивные эффекты в морской среде при одновременном выявлении в экспертных выводах факторов неопределенности</p>	<p>Повышение уровня прозрачности и эффективности хозяйственной деятельности с учетом результатов оценки неопределенности, присущей экспертному анализу</p>	<p>Jones and others, 2018</p>

Номер карты ^a	Географический регион	Регион океана	Оценочные подходы	Цели оценки	Результаты оценки	Список справочной литературы
4	Бразилия	Южная часть Атлантического океана	Пространственное картирование Расчеты индекса	Оценить подверженность коралловых рифов кумулятивным эффектам человеческой деятельности	Пространственная вариативность и изменение типов стрессоров, которым подвергались коралловые рифы в результате воздействия Районы наибольшего воздействия находились в непосредственной близости к населенным пунктам	Magris and others, 2018
5	Канада	Северная часть Атлантического океана	Модели распространения видов	Оценить воздействие потепления океана и уменьшения содержания кислорода на три морских вида	Существенные изменения в распределении видов, прогнозируемые различными способами на 20–30 лет	Stortini and others, 2017
6	Канада и Соединенные Штаты Америки	Северная часть Тихого океана	Пространственное картирование Статистические модели	Оценить воздействие концентраций растворенного кислорода и донного траления по градиенту глубины Оценить воздействие укрепления береговой линии Оценить воздействие морского шума	Влияние донного траления на глубоководный бентос даже в тех районах, где формирование сообществ происходит при ярко выраженных градиентах условий среды Потенциальное содействие укрепления береговой линии повышению кумулятивного эффекта Прогнозируемое избежание морскими животными морского шума или получение ими травм в результате такого шума	De Leo and others, 2017; Dethier and others, 2016; Ellison and others, 2016
7	Китай	Северная часть Тихого океана	Обзоры литературы Статистические модели Цифровые модели	Провести качественный обзор потенциальных стрессоров, которые способствуют спаду в рыбном хозяйстве Оценить кумулятивные эффекты металлов и полициклических ароматических углеводородов в сообществах бактериопланктона Оценить кумулятивные эффекты проведения проектов по восстановлению на качество воды	Потребность в экосистемно ориентированном хозяйствовании, необходимом для устойчивого развития рыболовства Индивидуальные и кумулятивные эффекты концентрации кадмия и фенантрена на скопления бактерий, которые являются временно-переменными и антагонистическими на ранних стадиях воздействия Улучшение качества воды в результате проведения проектов по восстановлению, хотя их реализация зачастую сводилась к одной цели, и в ходе них не учитывались другие мероприятия, снижающие качество воды	Qian and others, 2017; Zhao and others, 2016; Ma and others, 2017

8	Европа и Африка	Средиземное и Черное моря	<p>Мета-анализ</p> <p>Экспертные выводы</p> <p>Оценка неопределенности</p> <p>Регрессионные модели</p> <p>Расчеты индекса</p> <p>Пространственное картирование</p> <p>Механистические модели</p> <p>Статистические модели</p>	<p>Составить карту кумулятивных эффектов, связанных с рядом видов человеческой деятельности, и провести их количественную оценку</p> <p>Составить карту инвазивных видов и их влияния на значения, связанные с биоразнообразием</p>	<p>Недостаточная эффективность нынешних инициатив по сохранению окружающей среды, проводимых в целях устранения кумулятивных угроз в исключительной экономической зоне Туниса</p> <p>Высокая вариативность в оценках неопределенности воздействия, при этом достоверно идентифицировано воздействие лишь в нескольких районах Адриатического и Ионического морей</p> <p>Отслеживание кумулятивных эффектов добычи и сброса морского песка</p> <p>Отсутствие согласия с экспертными выводами в отношении смоделированной важности основных факторов наблюдаемой деградации коралловых образований</p>	<p>Coll and others, 2016; Katsanevakis and others, 2016; Ben Rais Lasram and others, 2016; Corrales and others, 2017; Depellegrin and others, 2017; Gerakaris and others, 2017; Gissi and others, 2017; Trop, 2017; Bevilacqua and others, 2018; Brodersen and others, 2018; Corrales and others, 2018</p>
9	Европа	Северная часть Атлантического океана	<p>Анализ биологических признаков</p> <p>Пространственное картирование</p> <p>Экспертные выводы</p> <p>Мета-анализ</p> <p>Пространственный анализ</p> <p>Расчеты индекса</p>	<p>Оценить совокупные эффекты пяти морских хозяйств на бентические сообщества</p> <p>Оценить влияние изменения климата на зонально привязанные инструменты хозяйствования в районах открытого моря</p> <p>Оценить кумулятивные эффекты шума на два вида</p>	<p>Изменчивость чувствительности местообитаний к видам деятельности, в том числе к размещению жестких конструкций в бентической среде, вызывающих существенные изменения биологических и функциональных признаков</p> <p>Прогнозируемое снижение полезности зонально привязанных инструментов хозяйствования в районах открытого моря в связи с изменением климата</p> <p>Выявление зон повышенного риска для обоих видов</p>	<p>Merchant and others, 2017; Johnson and others, 2018; Kenny and others, 2018</p>
10	Европа	Балтийское море	<p>Панорамные модели, в которых учитываются результаты, полученные из геоинформационных систем</p>	<p>Провести визуальную оценку воздействия кумулятивных нагрузок, сопряженных с существующей и планируемой антропогенной деятельностью</p>	<p>Наибольшее потенциальное визуальное воздействие на защищенные прибрежные районы со сложными геоморфологическими характеристиками</p>	<p>Depellegrin, 2016</p>

Номер карты ^a	Географический регион	Регион океана	Оценочные подходы	Цели оценки	Результаты оценки	Список справочной литературы
11	Мир в целом	Мировой Океан	Обзоры литературы Мета-анализ Пространственный анализ Статистические модели	Провести обзор ОКЭ применительно к целому ряду видов антропогенной деятельности, включая социальные и хозяйственные цели Оценить потенциал крупных охраняемых морских районов в плане защиты экосистем от кумулятивного воздействия Оценить уязвимость глубоководных экосистемных услуг для глубоководной добычи полезных ископаемых Оценить кумулятивные эффекты на морскую среду, сопряженные с добычей и транспортировкой битуминозного песка	Соображения по проведению ОКЭ (включая факторы неопределенности и предубеждения) и рекомендации по их распространению, в том числе по разработке систем оценки, которые можно использовать в целом ряде направлений деятельности и районов Выявление пробелов в знаниях	Borja and others, 2016; Briscoe and others, 2016; Hazeem and others, 2016; Lucke and others, 2016; Lundquist and others, 2016; Davies and others, 2017; Foley and others, 2017; Green and others, 2017; Le and others, 2017; Willsteed and others, 2017; Faulkner and others, 2018; Stelzenmüller and others, 2018
12	Гренландия	Северный Ледовитый океан	Пространственное картирование	Оценить кумулятивные эффекты множественных стрессоров на значения, связанные с биоразнообразием	Высокий уровень наложения стрессоров на ареалы ключевых видов вдоль западного побережья Гренландии, что указывает на то, что в этом районе необходимо принимать дальнейшие хозяйственные и охранные меры	Andersen and others, 2017
13	Индонезия	Южная часть Тихого океана	Экспертные выводы Байесовские сети доверия	Оценить взаимодействие между социальными, экономическими и экологическими факторами, влияющими на промысловую деятельность, и эффективностью традиционной системы пользования морскими ресурсами	Социальные, экономические и экологические последствия применения традиционной системы пользования морскими ресурсами, обусловленные сложной взаимосвязью между представлениями общества о рыбном промысле и туризме и связанными с этим конфликтами	Hoshino and others, 2016
14	Индонезия	Индийский океан	Полуколичественная бальная система оценки рисков	Оценить кумулятивный риск ряда видов человеческой деятельности для морской экосистемы	Наибольший риск для морских экосистем представляют собой рыболовство, изменение климата и освоение прибрежных зон	Battista and others, 2017

15	Ирландия	Северная часть Атлантического океана	Статистические модели	Оценить воздействие судовой и строительной деятельности на морских млекопитающих	Сокращение встречаемости трех видов в связи с судовой и строительной деятельностью	Culloch and others, 2016
16	Кения	Индийский океан	Статистические модели	Оценить кумулятивные эффекты присутствия туристических катеров на популяцию индийских афалин	Поведенческие характеристики дельфинов, на которых сказывается присутствие туристических катеров, хотя кумулятивный эффект на нынешнем уровне является незначительным	Pérez-Jorge and others, 2017
17	Новая Зеландия	Южная часть Тихого океана	Обзоры литературы Мета-анализ Экспертные выводы	Оценить взаимозависимость между наукой, управлением и обществом в целях выявления рисков в морских экосистемах Оценить важность и масштабы воздействия различных видов деятельности и стрессоров на функции экосистем	Соображения по выявлению рисков и рекомендации по оценке рисков Серьезное совокупное воздействие на все рассмотренные функции экосистемы, причем наибольшее воздействие приходится на изменение климата, коммерческое рыболовство, седиментацию и загрязнение	Thrush and others, 2016; Singh and others, 2017
18	Филиппины	Северная часть Тихого океана	Полуколичественная бальная система оценки рисков	Оценить кумулятивный риск ряда видов человеческой деятельности для морской экосистемы	Наибольший риск для морской экосистемы представляют рыболовство и изменение климата	Battista and others, 2017
19	Португалия	Северная часть Атлантического океана	Пространственное картирование	Оценить взаимодействие между целым рядом видов человеческой деятельности и морской средой	Высокий уровень совокупного воздействия, вызванного деятельностью человека, в морском пространстве Португалии, особенно вблизи побережья	Fernandes and others, 2017
20	Южная Африка	Атлантический океан и Индийский океан	Статистические модели	Описать пелагические биорегионы в целях определения районов морского пространственного планирования	Определение на основе биорегионального анализа трех ключевых биорегионов и ряда субрегионов, которые будут служить основой при составлении экосистемной отчетности и систематическом природоохранном планировании	Roberson and others, 2017

Номер карты ^a	Географический регион	Регион океана	Оценочные подходы	Цели оценки	Результаты оценки	Список справочной литературы
21	Соединенные Штаты Америки	Северная часть Атлантического океана	Механистические модели	Моделировать воздействие множественных стрессоров на живые морские ресурсы	Наибольшее воздействие на продуктивность системы в связи с повышением температуры	Ihde and Townsend, 2017
22	Соединенные Штаты Америки	Северная часть Тихого океана	Пространственное картирование Статистические модели	Составить карты потенциальных последствий воздействия одиночных и множественных стрессоров во всех охраняемых морских районах Оценить адекватность научной деятельности в ареалах и сообществах в охраняемых морских районах Оценить кумулятивные эффекты штормовых явлений и вытаптывания на приливно-отливные экосистемы	Большинство охраняемых морских районов подвергаются интенсивному наземному и океаническому воздействию, причем наибольшее воздействие оказывают климатические стрессоры Рекомендации по разработке стратегии принятия решений для оценки научной деятельности Воздействие, связанное с морскими штормами и вытаптыванием, которые сказываются на аналогичных видах, что позволяет выявить уязвимые виды, причем эти явления влекут за собой аддитивные эффекты	Micheli and others, 2016; Mach and others, 2017; Saarman and others, 2018

^a Для номеров карт см. рисунок III.

Выражение признательности: группа авторов хотела бы поблагодарить Николь Штольберг (Институт морского рыболовства им. Тюнена, Бремерхафен, Германия) за подготовку рисунка, а также трех рецензентов и государства-члены за комментарии, которые помогли улучшить эту главу.

Справочная литература

- Andersen, Jesper H., and others (2013). Human uses, pressures and impacts in the eastern North Sea. Technical report, Danish Centre for Environment and Energy, No.18.
- Andersen, Jesper H., and others (2017). Potential for cumulative effects of human stressors on fish, sea birds and marine mammals in Arctic waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 184, pp. 202–206.
- Anthony, Kenneth R.N. (2016). Coral reefs under climate change and ocean acidification: challenges and opportunities for management and policy. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 41, pp. 59–81.
- Anthony, Kenneth R.N., and others (2013). *A Framework for Understanding Cumulative Impacts, Supporting Environmental Decisions and Informing Resilience Based Management of the Great Barrier Reef World Heritage Area*. Final Report to the Great Barrier Reef Marine Park Authority and Department of the Environment.
- Ban, Natalie C., and others (2010). Cumulative impact mapping: advances, relevance and limitations to marine management and conservation, using Canada's Pacific waters as a case study. *Marine Policy*, vol. 34, No. 5, pp. 876–886.
- Battista, Willow, and others (2017). Comprehensive Assessment of Risk to Ecosystems (CARE): a cumulative ecosystem risk assessment tool. *Fisheries Research*, vol. 185, pp. 115–129.
- Beaugrand, Gregory (2003). Long-term changes in copepod abundance and diversity in the north-east Atlantic in relation to fluctuations in the hydroclimatic environment. *Fisheries Oceanography*, vol. 12, Nos. 4–5, pp. 270–283.
- Ben Rais Lasram, F., and others (2016). Cumulative human threats on fish biodiversity components in Tunisian waters. *Mediterranean Marine Science*, vol. 17, No. 1, pp. 190–201.
- Bessell-Browne, Pia, and others (2017). Cumulative impacts: thermally bleached corals have reduced capacity to clear deposited sediment. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, pp. 2716.
- Bevilacqua, S., and others (2018). A regional assessment of cumulative impact mapping on Mediterranean coralligenous outcrops. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, pp. 1–11.
- Borgwardt, Florian, and others (2019). Exploring variability in environmental impact risk from human activities across aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment*, vol. 652, pp. 1396–1408.
- Borja, Angel, and others (2016). Bridging the gap between policy and science in assessing the health status of marine ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 175.
- Briscoe, Dana K., and others (2016). Are we missing important areas in pelagic marine conservation? Redefining conservation hotspots in the ocean. *Endangered Species Research*, vol. 29, No. 3, pp. 229–237.
- Brodersen, Maren Myrto, and others (2018). Cumulative impacts from multiple human activities on seagrass meadows in eastern Mediterranean waters: the case of Saronikos Gulf (Aegean Sea, Greece). *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, No. 27, pp. 26809–26822.
- Burrows, Michael T., and others (2011). The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems. *Science*, vol. 334, No. 6056, pp. 652–655.
- Coll, Marta, and others (2016). Modelling the cumulative spatial–temporal effects of environmental drivers and fishing in a NW Mediterranean marine ecosystem. *Ecological Modelling*, vol. 331, pp. 100–114.
- Cormier, Roland, and others (2017). Moving from ecosystem-based policy objectives to operational implementation of ecosystem-based management measures. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 1, pp. 406–413.

- Cormier, Roland, and others (2018). The science-policy interface of risk-based freshwater and marine management systems: from concepts to practical tools. *Journal of Environmental Management*, vol. 226, pp. 340–346.
- Corrales, X., and others (2017). Hindcasting the dynamics of an Eastern Mediterranean marine ecosystem under the impacts of multiple stressors. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 580, pp. 17–36.
- Corrales, X., and others (2018). Future scenarios of marine resources and ecosystem conditions in the Eastern Mediterranean under the impacts of fishing, alien species and sea warming. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, pp. 14284.
- Crain, Caitlin Mullan, and others (2008). Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. *Ecology Letters*, vol. 11, No. 12, pp. 1304–1315.
- Culloch, Ross M., and others (2016). Effect of construction-related activities and vessel traffic on marine mammals. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 549, pp. 231–242.
- Curtin, Richard, and Raúl Pallezo (2010). Understanding marine ecosystem-based management: a literature review. *Marine Policy*, vol. 34, No. 5, pp. 821–830.
- Dambacher, Jeffrey M., and others (2009). Qualitative modelling and indicators of exploited ecosystems. *Fish and Fisheries*, vol. 10, pp. 305–322.
- Davies, T.E., and others (2017). Large marine protected areas represent biodiversity now and under climate change. *Scientific Reports*, vol. 7, No. 1, p. 9569.
- De'ath, Glenn, and others (2012). The 27-year decline of coral cover on the Great Barrier Reef and its causes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 109, No. 44, pp. 17995–17999.
- De Leo, Fabio C., and others (2017). Bottom trawling and oxygen minimum zone influences on continental slope benthic community structure off Vancouver Island (NE Pacific). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 137, pp. 404–419.
- Depellegrin, Daniel (2016). Assessing cumulative visual impacts in coastal areas of the Baltic Sea. *Ocean and Coastal Management*, vol. 119, pp. 184–198.
- Depellegrin, Daniel, and others (2017). Multi-objective spatial tools to inform maritime spatial planning in the Adriatic Sea. *Science of the Total Environment*, vol. 609, pp. 1627–1639.
- Dethier, Megan N., and others (2016). Multiscale impacts of armoring on Salish Sea shorelines: evidence for cumulative and threshold effects. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 175, pp. 106–117.
- Dunstan, P.K., and others (2019). Draft guidelines for analysis of cumulative impacts and risks to the Great Barrier Reef. Report to the National Environmental Science Programme. Marine Biodiversity Hub. CSIRO.
- Elliott, M., and others (2017). “And DPSIR begat DAPSI (W) R (M)!”: a unifying framework for marine environmental management. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 118, Nos. 1–2, pp. 27–40.
- Elliott, Michael, and others (2020). Activity-footprints, pressures-footprints and effects-footprints: walking the pathway to determining and managing human impacts in the sea. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 155, p. 111201.
- Ellison, William T., and others (2016). Modeling the aggregated exposure and responses of bowhead whales *Balaena mysticetus* to multiple sources of anthropogenic underwater sound. *Endangered Species Research*, vol. 30, pp. 95–108.
- Emeis, Kay-Christian, and others (2015). The North Sea: a shelf sea in the Anthropocene. *Journal of Marine Systems*, vol. 141, pp. 18–33.
- Engelhard, Georg H., and others (2014). Climate change and fishing: a century of shifting distribution in North Sea cod. *Global Change Biology*, vol. 20, No. 8, pp. 2473–2483.

- Evans, Karen, and others (2017). Australia state of the environment 2016: marine environment, independent report to the Australian Government Minister for the Environment and Energy. *Australian Government Department of the Environment and Energy, Canberra*.
- Faulkner, Rebecca C., and others (2018). Guiding principles for assessing the impact of underwater noise. *Journal of Applied Ecology*.
- Fernandes, Maria da Luz, and others (2017). How does the cumulative impacts approach support Maritime Spatial Planning? *Ecological Indicators*, vol. 73, pp. 189–202. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.014>.
- Fock, Heino (2011). Integrating multiple pressures at different spatial and temporal scales: a concept for relative ecological risk assessment in the European marine environment. *Human and Ecological Risk Assessment*, vol. 17, No. 1, pp. 187–211.
- Fock, Heino, and others (2014). An early footprint of fisheries: changes for a demersal fish assemblage in the German Bight from 1902–1932 to 1991–2009. *Journal of Sea Research*, vol. 85, pp. 325–335.
- Foden, Jo, and others (2011). Human pressures on UK seabed habitats: a cumulative impact assessment. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 428, pp. 33–47.
- Foley, Melissa M., and others (2017). The challenges and opportunities in cumulative effects assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 62, pp. 122–134.
- Foster, Scott D., and others (2014). The cumulative effect of trawl fishing on a multispecies fish assemblage in south-eastern Australia. *Journal of Applied Ecology*, vol. 52, No. 1, pp. 129–139.
- Frelat, Romain, and others (2017). Community ecology in 3D: tensor decomposition reveals spatio-temporal dynamics of large ecological communities. *PLOS One*, vol. 12, No. 11. p. e0188205.
- Gerakaris, V., and others (2017). Effectiveness of *Posidonia oceanica* biotic indices for assessing the ecological status of coastal waters in Saronikos Gulf (Aegean Sea, Eastern Mediterranean). *Mediterranean Marine Science*, vol. 18, No. 1, pp. 161–178.
- Gissi, Elena, and others (2017). Addressing uncertainty in modelling cumulative impacts within maritime spatial planning in the Adriatic and Ionian region. *PLOS One*, vol. 12, No. 7, p. e0180501.
- Grech, A., and others (2011). A broad-scale assessment of the risk to coastal seagrasses from cumulative threats. *Marine Policy*, vol. 35, No. 5, pp. 560–567.
- Green, Stephanie J., and others (2017). Oil sands and the marine environment: current knowledge and future challenges. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 15, No. 2, pp. 74–83.
- Gregory, Robin, and others (2012). *Structured Decision Making: A Practical Guide to Environmental Management Choices*. John Wiley and Sons.
- Halpern, Benjamin S., and others (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, vol. 319, No. 5865, pp. 948–952.
- Halpern, Benjamin S., and others (2015). Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature Communications*, vol. 6, p. 7615.
- Halpern, Benjamin S., and Rod Fujita (2013). Assumptions, challenges, and future directions in cumulative impact analysis. *Ecosphere*, vol. 4, No. 10, pp. 1–11.
- Hayes, K.R., and others (2015). Identifying indicators and essential variables for marine ecosystems. *Ecological Indicators*, vol. 57, pp. 409–419.
- Hazeem, Layla J., and others (2016). Cumulative effect of zinc oxide and titanium oxide nanoparticles on growth and chlorophyll a content of *Picochlorum* sp. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, No. 3, pp. 2821–2830.
- Hegmann, George, and others (1999). *Cumulative Effects Assessment Practitioners Guide*. Citeseer.
- Hiddink, Jan Geert, and others (2019). Assessing bottom trawling impacts based on the longevity of benthic invertebrates. *Journal of Applied Ecology*, vol. 56, No. 5, pp. 1075–1084.

- Holt, J.T., and others (2012). Oceanic controls on the primary production of the northwest European continental shelf: model experiments under recent past conditions and a potential future scenario. *Biogeosciences*, vol. 9, pp. 97–117.
- Hoshino, Eriko, and others (2016). A Bayesian belief network model for community-based coastal resource management in the Kei Islands, Indonesia. *Ecology and Society*, vol. 21, No. 2.
- Hughes, Terry P., and others (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, vol. 543, No. 7645, p. 373.
- Hunsicker, Mary E., and others (2016). Characterizing driver–response relationships in marine pelagic ecosystems for improved ocean management. *Ecological Applications*, vol. 26, No. 3, pp. 651–663.
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES) (2019). *Workshop on Cumulative Effects Assessment Approaches in Management (WKCEAM)*, vol. 1, No. 17. ICES Scientific Reports. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.5226>.
- Ihde, Thomas F., and Howard M. Townsend (2017). Accounting for multiple stressors influencing living marine resources in a complex estuarine ecosystem using an Atlantis model. *Ecological Modelling*, vol. 365, pp. 1–9.
- Johnson, Chris J. (2016). Defining and Identifying Cumulative Environmental, Health, and Community Impacts. In *The Integration Imperative*, pp. 21–45. Springer.
- Johnson, David, and others (2018). Climate change is likely to severely limit the effectiveness of deep-sea ABMTs in the North Atlantic. *Marine Policy*, vol. 87, pp. 111–122.
- Jones, Alice R., and others (2018). Capturing expert uncertainty in spatial cumulative impact assessments. *Scientific Reports*, vol. 8, No. 1, p. 1469.
- Kappel, Carrie V., and others (2012). Mapping cumulative impacts of human activities on marine ecosystems. Boston, Massachusetts: SeaPlan.
- Katsanevakis, Stelios, and others (2016). Mapping the impact of alien species on marine ecosystems: the Mediterranean Sea case study. *Diversity and Distributions*, vol. 22, No. 6, pp. 694–707. <https://doi.org/10.1111/ddi.12429>.
- Kenny, Andrew J., and others (2009). An integrated approach for assessing the relative significance of human pressures and environmental forcing on the status of large marine ecosystems. *Progress in Oceanography*, vol. 81, Nos. 1–4, pp. 132–148.
- Kenny, Andrew J., and others (2018). Assessing cumulative human activities, pressures, and impacts on North Sea benthic habitats using a biological traits approach. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 75, No. 3, pp. 1080–1092.
- Knights, Antony M., and others (2015). An exposure-effect approach for evaluating ecosystem-wide risks from human activities. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 72, No. 3, pp. 1105–1115.
- Korpinen, Samuli, and others (2012). Human pressures and their potential impact on the Baltic Sea ecosystem. *Ecological Indicators*, vol. 15, No. 1, pp. 105–114.
- Korpinen, Samuli, and Jesper H. Andersen (2016). A global review of cumulative pressure and impact assessments in marine environments. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 153.
- Large, Scott I., and others (2015). Quantifying patterns of change in marine ecosystem response to multiple pressures. *PLOS One*, vol. 10, No. 3, p. e0119922.
- Le, Jennifer T., and others (2017). Incorporating ecosystem services into environmental management of deep-seabed mining. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 137, pp. 486–503.
- Levin, Phillip S., and others (2009). Integrated ecosystem assessments: developing the scientific basis for ecosystem-based management of the ocean. *PLOS Biology*, vol. 7, No. 1, p. e1000014.

- Lucke, Klaus, and others (2016). Auditory sensitivity in aquatic animals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 139, No. 6, pp. 3097–3101.
- Lukic, I., and others (2018). *Handbook for Developing Visions in MSP. Technical Study under the Assistance Mechanism for the Implementation of Maritime Spatial Planning*. www.msp-platform.eu/sites/default/files/vision_handbook.pdf.
- Lundquist, Carolyn J., and others (2016). Science and societal partnerships to address cumulative impacts. *Frontiers in Marine Science*, vol. 3, art. 2.
- Lynam, Christopher Philip, and others (2017). Interaction between top-down and bottom-up control in marine food webs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 114, No. 8, pp. 1952–1957.
- Ma, Deqiang, and others (2017). The cumulative effects assessment of a coastal ecological restoration project in China: an integrated perspective. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 118, Nos. 1–2, pp. 254–260.
- Mach, Megan E., and others (2017). Assessment and management of cumulative impacts in California’s network of marine protected areas. *Ocean and Coastal Management*, vol. 137, pp. 1–11.
- Magris, Rafael, and others (2018). Cumulative Human Impacts on Coral Reefs: Assessing Risk and Management Implications for Brazilian Coral Reefs. *Diversity*, vol. 10, No. 2, pp. 26.
- Marcotte, Danielle, and others (2015). Mapping cumulative impacts on Hong Kong’s pink dolphin population. *Ocean and Coastal Management*, vol. 109, pp. 51–63.
- Marzloff, Martin Pierre, and others (2016). Modelling marine community responses to climate-driven species redistribution to guide monitoring and adaptive ecosystem-based management. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 7, pp. 2462–2474.
- McCauley, Douglas J., and others (2015). Marine defaunation: animal loss in the global ocean. *Science*, vol. 347, No. 6219, p. 1255641.
- McQuatters-Gollop, Abigail, and others (2007). A long-term chlorophyll dataset reveals regime shift in North Sea phytoplankton biomass unconnected to nutrient levels. *Limnology and Oceanography*, vol. 52, No. 2, pp. 635–648.
- Merchant, Nathan D., and others (2017). Marine noise budgets in practice. *Conservation Letters*, vol. 11, No. 3, p. e12420.
- Micheli, Fiorenza, and others (2016). Combined impacts of natural and human disturbances on rocky shore communities. *Ocean and Coastal Management*, vol. 126, pp. 42–50.
- Murray, Cathryn Clarke, and others (2015). Advancing marine cumulative effects mapping: an update in Canada’s Pacific waters. *Marine Policy*, vol. 58, pp. 71–77.
- Nicol, Sam, and others (2019). Quantifying the impact of uncertainty on threat management for biodiversity. *Nature Communications*, vol. 10, No. 1, pp. 1–14.
- Organization for Economic Cooperation and Development (2016). *The Ocean Economy in 2030*. <https://doi.org/10.1787/9789264251724-en>.
- Pérez-Jorge, Sergi, and others (2017). Estimating the cumulative effects of the nature-based tourism in a coastal dolphin population from southern Kenya. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 140, pp. 278–289.
- Piet, Gerjan, and others (2017). Ecological risk assessments to guide decision-making: methodology matters. *Environmental Science and Policy*, vol. 68, pp. 1–9.
- Piet, Gerjan, and others (2019). An integrated risk-based assessment of the North Sea to guide ecosystem-based management. *Science of the Total Environment*, vol. 654, pp. 694–704.
- Plagányi, Éva E., and Elizabeth A. Fulton (2017). The Future of Modeling to Support Conservation Decisions in the Anthropocene Ocean. In *Conservation for the Anthropocene Ocean*, pp. 423–445. Elsevier.

- Qian, Jie, and others (2017). Alteration in successional trajectories of bacterioplankton communities in response to co-exposure of cadmium and phenanthrene in coastal water microcosms. *Environmental Pollution*, vol. 221, pp. 480–490.
- Reid, Philip C., and others (2001). Pulses in the eastern margin current and warmer water off the north west European shelf linked to North Sea ecosystem changes. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 215, pp. 283–287.
- Richards, Zoe T., and Jon C. Day (2018). Biodiversity of the Great Barrier Reef: how adequately is it protected? *PeerJ*, vol. 6, p. e4747.
- Rijnsdorp, A.D., and others (2016). Towards a framework for the quantitative assessment of trawling impact on the seabed and benthic ecosystem. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 73, supplement No. 1, pp. i127–i138.
- Riskas, Kimberly A., and others (2016). Justifying the need for collaborative management of fisheries bycatch: a lesson from marine turtles in Australia. *Biological Conservation*, vol. 196, pp. 40–47.
- Roberson, Leslie A., and others (2017). Pelagic bioregionalisation using open-access data for better planning of marine protected area networks. *Ocean and Coastal Management*, vol. 148, pp. 214–230.
- Robinson, Leonie A., and others (2013). *ODEMM Pressure Assessment Userguide V.2. ODEMM Guidance Document Series No. 4*. Liverpool: University of Liverpool.
- Rochet, Marie-Joëlle, and others (2010). Do changes in environmental and fishing pressures impact marine communities? An empirical assessment. *Journal of Applied Ecology*, vol. 47, No. 4, pp. 741–750.
- Saarman, Emily T., and others (2018). An ecological framework for informing permitting decisions on scientific activities in protected areas. *PLOS One*, vol. 13, No. 6, p. e0199126.
- Samhuri, Jameal F., and Phillip S. Levin (2012). Linking land- and sea-based activities to risk in coastal ecosystems. *Biological Conservation*, vol. 145, No. 1, pp. 118–129.
- Samhuri, Jameal F., and others (2012). Sea sick? Setting targets to assess ocean health and ecosystem services. *Ecosphere*, vol. 3, No. 5, pp. 1–18.
- Samhuri, Jameal F., and others (2017). Defining ecosystem thresholds for human activities and environmental pressures in the California Current. *Ecosphere*, vol. 8, No. 6, p. e01860.
- Sguotti, Camilla, and others (2016). Distribution of skates and sharks in the North Sea: 112 years of change. *Global Change Biology*, vol. 22, No. 8, pp. 2729–2743.
- Singh, Gerald G., and others (2017). Mechanisms and risk of cumulative impacts to coastal ecosystem services: an expert elicitation approach. *Journal of Environmental Management*, vol. 199, pp. 229–241.
- Smeets, Edith, and Rob Weterings (1999). *Environmental Indicators: Typology and Overview*. Technical report No. 25. European Environment Agency.
- Smith G., and C. Spillman (2020). Ocean Temperature Outlooks: Coral Bleaching Risk – Great Barrier Reef and Australian waters. Bureau Research Report No. 43, Bureau of Meteorology.
- Sonntag, Nicholas C., and others (1987). *Cumulative Effects Assessment: A Context for Further Research and Development*. (No. 333.70971 C971). Canadian Environmental Assessment Research Council.
- Spaling, Harry, and Barry Smit (1993). Cumulative environmental change: conceptual frameworks, evaluation approaches, and institutional perspectives. *Environmental Management*, vol. 17, No. 5, pp. 587–600.
- Stelzenmüller, Vanessa, and others (2010). Quantifying cumulative impacts of human pressures on the marine environment: a geospatial modelling framework. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 398, pp. 19–32.
- Stelzenmüller, Vanessa, and others (2015). Quantitative environmental risk assessments in the context of marine spatial management: current approaches and some perspectives. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 72, No. 3, pp. 1022–1042.

- Stelzenmüller, Vanessa, and others (2018). A risk-based approach to cumulative effect assessments for marine management. *Science of the Total Environment*, vol. 612, pp. 1132–1140.
- Stelzenmüller, Vanessa, and others (2020). Operationalizing risk-based cumulative effect assessments in the marine environment. *Science of the Total Environment*, vol. 724, p. 138118.
- Stephenson, Robert L., and others (2019). A practical framework for implementing and evaluating integrated management of marine activities. *Ocean and Coastal Management*, vol. 177, pp. 127–138.
- Steven, Andrew D.L., and others (2019). SIMA Austral: an operational information system for managing the Chilean aquaculture industry with international application. *Journal of Operational Oceanography*, vol. 12, supplement No. 2, pp. S29–S46.
- Stock, Andy, and Fiorenza Micheli (2016). Effects of model assumptions and data quality on spatial cumulative human impact assessments. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 25, No. 11, pp. 1321–1332.
- Stortini, Christine H., and others (2017). Marine species in ambient low-oxygen regions subject to double jeopardy impacts of climate change. *Global Change Biology*, vol. 23, No. 6, pp. 2284–2296.
- Teichert, Nils, and others (2016). Restoring fish ecological quality in estuaries: implication of interactive and cumulative effects among anthropogenic stressors. *Science of the Total Environment*, vol. 542, pp. 383–393.
- Thrush, Simon, and others (2016). Addressing surprise and uncertain futures in marine science, marine governance, and society. *Ecology and Society*, vol. 21, p. 22.
- Trop, Tamar (2017). An overview of the management policy for marine sand mining in Israeli Mediterranean shallow waters. *Ocean and Coastal Management*, vol. 146, pp. 77–88.
- United Nations (2017a). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (2017b). Chapter 54: Overall assessment of human impact on the oceans. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Uthicke, Sven, and others (2016). Multiple and cumulative impacts on the GBR: assessment of current status and development of improved approaches for management. *Final Report Project*, vol. 1.
- Weijerman, Mariska, and others (2005). Regime shifts in marine ecosystems of the North Sea and Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 298, pp. 21–39.
- Willstead, Edward, and others (2017). Assessing the cumulative environmental effects of marine renewable energy developments: establishing common ground. *Science of the Total Environment*, vol. 577, pp. 19–32.
- Wu, Zaixing, and others (2016). A methodology for assessing and mapping pressure of human activities on coastal region based on stepwise logic decision process and GIS technology. *Ocean and Coastal Management*, vol. 120, pp. 80–87.
- Zhang, Chang Ik, and others (2011). An IFRAME approach for assessing impacts of climate change on fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, No. 6, pp. 1318–1328.
- Zhao, ShuJiang, and others (2016). A preliminary analysis of fishery resource exhaustion in the context of biodiversity decline. *Science China Earth Sciences*, vol. 59, No. 2, pp. 223–235.

Часть шестая
Тенденции,
характеризующие
ПОДХОДЫ
к управлению
морской средой

Глава 26

Сдвиги

в морском

пространственном

планировании

Участники: Алан Симкок (координатор и ведущий участник), Жарбас Бонетти, Ка Тхань Ву (соведущий участник), Леандра Гонсалвис, Маркус Полетт, Хулиан Рейна, Луис Селлирс и Кэрен Эванс (соведущий участник).

Ключевые тезисы

- Расширение масштабов человеческой деятельности и связанное с ней воздействие на морскую среду все чаще приводят к коллизиям между различными направлениями использования океана. Эффективным способом устранения таких коллизий является морское пространственное планирование (МПП).
- За последние два десятилетия МПП в различных формах стало во все большей степени внедряться в разных странах: в некоторых случаях речь идет просто о планах зонирования, в других – о более сложных системах управления.
- Правовой статус МПП варьируется в зависимости от юрисдикции: иногда оно подразумевает выдачу руководящих указаний, которые следует учитывать; в других случаях инструменты МПП имеют юридическую силу и накладывают ограничения на конкретные управленческие решения.
- В целом МПП наиболее эффективно там, где оно осуществляется при участии всех соответствующих органов власти и заинтересованных сторон.

1. Введение

Как отмечалось в резюме первой «Оценки состояния Мирового океана» (United Nations, 2017), «деятельность человека теперь оказывает настолько масштабное и сильное воздействие на океан, что допустимая нагрузка на него близка к предельному значению или (в некоторых случаях) уже достигла его». К причинам такого воздействия относятся интенсификация и распространение на новые области традиционных направлений использования ресурсов моря, а также появление новых направлений использования. Право на использование океанического пространства все больше не может восприниматься как должное, и различные направления такого использования, особенно в прибрежных районах, будут вступать в противоречие друг с другом. В настоящей главе обсуждается роль морского пространственного планирования (МПП) в качестве подхода к планированию деятельности и урегулированию таких потенциальных противоречий.

Спрос на товары и услуги, связанные с районами моря в пределах действия национальной юрисдикции, зачастую превышает возможности этих районов удовлетворять все потребности. В отсутствие специальных регламентационных режимов морские ресурсы могут подвергаться чрезмерной эксплуатации, а другие виды ис-

пользования моря (например, сброс в него отходов) могут приводить к ухудшению состояния морской среды. В действующих рыночных системах внешние последствия такой эксплуатации и использования зачастую не учитываются, и при распределении прав на использование морских ресурсов, возможно, потребуются определить эффективные способы компенсации (Tuda and others, 2014). В этой связи учет всех соответствующих факторов было бы желательным провести в рамках публичного процесса.

В то же время важность океана для достижения устойчивого развития осознается все более широко. Для обеспечения экономического развития в контексте целей в области устойчивого развития¹ многие страны разрабатывают программы по неистощительному расширению направлений использования своих морских ресурсов («голубая» экономика) (International Organization of Supreme Audit Institutions, 2019).

1.1. Тема морского пространственного планирования в первой «Оценке состояния Мирового океана»

В первой «Оценке» МПП в качестве отдельной темы не рассматривалось, но его актуальность

¹ См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

отмечалась в главах, посвященных экосистемным услугам, физическому взаимодействию между наземными и морскими районами, морской возобновляемой энергетике, освоению морских углеводородов и рыбному промыслу (United Nations, 2017). Оно было определено как «публичный процесс анализа и распределения пространственно-временных параметров человеческой деятельности в морских районах для достижения экологических, экономических и социальных целей, которые обычно определя-

ются в рамках политического процесса» (United Nations, 2017, chap. 15). Отмечалось, что МПП связано с рядом других инструментов и подходов, которые могли бы способствовать урегулированию конфликтов между различными заинтересованными сторонами на основе участия, таких экосистемно ориентированное хозяйствование, создание охраняемых морских районов и экосистемный подход к рыбному хозяйству (United Nations, 2017).

2. Виды морского пространственного планирования

Согласие между широким кругом сторон относительно характера МПП и способов оценки его эффективности пока не достигнуто (Plasman, 2008). Однако была прояснена связь между МПП и такими понятиями, как «экосистемно ориентированное хозяйствование», «контроль за направлениями использования морских ресурсов» и «океаническое зонирование» (Ehler and Douvere, 2009).

Концепция МПП охватывает большой спектр процессов. В самом базовом варианте оно может подразумевать просто разработку плана выделения отдельных зон для различных видов деятельности. На другом конце спектра речь может идти о комплексной системе планирования деятельности в океане, которая включает элементы подготовки, управления, лицензирования и правоприменения (см. обзоры Collie and others, 2013; Jones and others, 2016). При принятии решения о подходящем типе МПП для той или иной области учитываются диапазон и интенсивность факторов давления на океан, национальные и местные административные нормы и уровень экономического развития (Douvere and Ehler, 2009).

Во многих странах уже действуют различные механизмы контроля за освоением земель, которые ограничивают способность землевладельцев осваивать принадлежащие им участки или менять их предназначение. Охват этих механизмов контроля варьируется (Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), 2017). В большинстве стран также действуют системы регулирования деятельности в прибрежных и морских районах. По итогам проведенного обзора Комиссия по защите морской среды Се-

веро-Восточной Атлантики определила следующие потенциальные сферы охвата МПП: защита прибрежных районов и рекультивация земель; сброс отходов; рыболовство; портовые и дноуглубительные работы; марикультура; добыча полезных ископаемых морского дна, кроме нефти и газа; охрана природы; судоходство; добыча нефти и газа в море; прокладка трубопроводов и кабелей; отдых (включая купание и катание на прогулочных судах); охрана подводного культурного наследия; освоение энергии ветра и волн; и работа с затонувшими судами и другими историческими объектами (Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, 2009).

Многие страны также налаживают системы для содействия использованию моря и морских ресурсов в интересах экономического развития. Это особенно касается разведки и разработки морских углеводородов (см. гл. 19) и освоения морских возобновляемых источников энергии (см. гл. 21). При этом социально-экономические аспекты МПП могут выходить далеко за рамки простого планирования расположения морских установок и могут включать изучение способов укрепления связанных с морем секторов экономики прибрежных районов и повышения валового внутреннего дохода домохозяйств в прибрежных общинах (Jay, 2017).

С учетом широкого круга средств регулирования и систем экономического развития возникает потребность в интеграции существующих механизмов контроля, с тем чтобы они не противоречили друг другу и позволяли применять согласованный подход. Именно здесь было бы полезно задействовать МПП (Ehler and Douvere, 2009).

Ввиду большого спектра возможных элементов МПП и различных типов МПП созданные в результате системы сильно отличаются друг от друга, однако предпринимаются попытки обобщения примеров передовой практики (например, Foley and others, 2010). К таким попыткам относится разработка Организацией Объ-

единенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) руководства Marine Spatial Planning: a Step-by-Step Approach toward Ecosystem-based Management («Морское пространственное планирование: поэтапный подход к экосистемно ориентированному хозяйствованию») (Ehler and Douvère, 2009).

3. Морское пространственное планирование: поэтапный подход к экосистемно ориентированному хозяйствованию

Хотя впервые о параметрах многоцелевого использования прибрежных и океанических районов начали задумываться в 1980-х годах (см. разд. 5.4, Китай), в начале 2000-х годов интерес к МПП начал стремительно расти. ЮНЕСКО осознала, что МПП может внести полезный вклад как в программу «Человек и биосфера», так и в работу Межправительственной океанографической комиссии (Ehler and Douvère, 2007). В 2006 году был организован практикум, по итогам которого было разработано соответствующее руководство по МПП (Ehler and Douvère, 2009).

В руководстве содержалось 10 рекомендуемых в контексте МПП шагов, которые приводятся ниже. Эти шаги не являются этапами линейного процесса; механизмы обратной связи и возможности для проведения обзора и внесения корректировок по мере осуществления процесса должны быть предусмотрены с самого начала (Ehler and Douvère, 2009).

Шаг 1: выявление потребностей и выбор компетентного органа. Эта работа предполагает четкое формулирование того, зачем нужно МПП, и выбор органа, отвечающего за планирование и реализацию. В большинстве инициатив по МПП по всему миру для целей МПП часто создается новый орган, в то время как реализацией занимаются существующие органы и учреждения.

Шаг 2: получение финансовой поддержки. Эта работа включает подготовку финансового плана для оценки расходов, связанных с планированием и реализацией мероприятий в контексте МПП, а также поиск источников для покрытия этих расходов. Как правило, оказывается необходимым искать альтернативные источники, поскольку на учреждения часто возлагаются обязанности по осуществлению деятельности в

рамках МПП без выделения им дополнительных средств. Во многих случаях будет целесообразным взимать в той или иной форме плату или сбор за санкционированные в рамках плана мероприятия.

Шаг 3: организация процесса на основе предварительного планирования. МПП требует серьезной подготовки, включая создание многопрофильной группы для составления плана работы, определения границ, сроков, принципов, целей и задач, выявления рисков и разработки планов действий на случай непредвиденных обстоятельств.

Шаг 4: привлечение к участию заинтересованных сторон. Задействование ключевых заинтересованных сторон в МПП имеет огромное значение, в частности потому, что МПП нацелено на достижение ряда социальных, экономических и экологических целей и в этой связи должно основываться на учете различных ожиданий, возможностей или противоречий, касающихся рассматриваемой области. Этот шаг предполагает выбор субъектов, которые должны быть вовлечены в процесс.

Шаг 5: определение и анализ имеющихся условий. Для составления полезного морского пространственного плана необходимо хорошо знать соответствующий морской район. В этой связи большое значение для составления плана является подготовка перечней актуальной информации. В этих перечнях должна содержаться информация об экологических, природоохранных и океанографических параметрах и о деятельности человека в этом районе, и на основании этой информации будет осуществляться его картирование. Затем необходимо выявить факторы противоречия или совместимости между различ-

ными осуществляемыми в этом районе видами человеческой деятельности, а также между этими видами деятельности и деятельностью по защите и сохранению морской среды.

Шаг 6: определение и анализ будущих условий. На этом этапе проводится оценка вероятных изменений в состоянии указанного морского района в отсутствие каких-либо действий (статус-кво), оценка последствий появления новых потребностей в океаническом пространстве и выявление альтернативных сценариев развития ситуации. Результатом этой работы является выбор предпочтительной модели МПП.

Шаг 7: подготовка и утверждение плана пространственного управления. На этом этапе разрабатывается план морского пространственного управления, в котором излагаются конкретные хозяйственные меры для реализации предпочтительного сценария и указываются критерии выбора тех или иных мер и составления плана зонирования, а затем такой план пространственного управления оценивается и утверждается в рамках формального процесса.

Шаг 8: внедрение и обеспечение выполнения плана пространственного управления. На этом этапе завершается планирование и начинается реализация. Соответствующие учреждения принимают меры для осуществления плана морского пространственного управления и обеспечения его соблюдения, в том числе в рамках правоприменительной деятельности. Для этой работы необходимы постоянное поступление новой ин-

формации о том, что на самом деле происходит в соответствующем морском районе, и усилия широкого круга учреждений по сбору и оценке такой информации и реагированию на нее.

Шаг 9: мониторинг и оценка эффективности. Как и в отношении любой другой директивной деятельности, необходимы повторный анализ сделанных выводов и оценка достигнутого прогресса. В контексте МПП актуальна оценка состояния экологической системы и эффективности хозяйственных мер.

Шаг 10: адаптация процесса морского пространственного управления. По итогам мониторинга и оценки процедуры МПП и управления будут адаптированы для обеспечения того, чтобы предусмотренные планом действия давали ожидаемые результаты.

Возможно, в рамках деятельности по МПП или параллельной работы будет необходимо разработать план инвестиций и развития в целях обеспечения наличия инфраструктуры, оборудования и, прежде всего, квалифицированных кадров, необходимых для развития «голубой» экономики по желаемому сценарию (Schultz-Zehden and others, 2019). В этой связи полезным может оказаться обзор соответствующих научных и технологических наработок (Pinarbaşı and others, 2017). Большое значение имеет также участие заинтересованных сторон. Практические аспекты вовлечения заинтересованных сторон являются предметом новых исследований (например, Twomey and O'Mahony, 2019).

4. Инструменты морского пространственного планирования

Деятельность в рамках МПП варьируется от составления плана в отношении конкретного морского района до создания комплекса систем для контроля за воздействием человека на океан на основе планирования, управления, лицензирования, регулирования, наблюдения и правоприменения. Управленческие подходы рассматриваются в главе 27.

Как отмечалось выше, критически важной основой для такой работы является информация об экологических, природоохранных и океанографических условиях в морском районе, в отношении которого осуществляется МПП. В этой связи необходимым инструментом становится карти-

рование местообитаний: если текущее состояние естественной морской среды недостаточно известно, то потенциальное воздействие как стратегий, так и отдельных проектов может оказаться не более чем умозрительным. Что касается бентического слоя, то благодаря усовершенствованию методов эхолотирования, которые, в частности, позволяют разом охватывать целые участки морского дна, с начала 2000-х годов разведка морского дна стала гораздо более эффективной. Геофизические методы (многолучевое эхолотирование, эхолотирование бокового обзора или сейсмическое зондирование) позволяют с точностью установить тип морского дна

(ил, песок, гравий или камень), характер породы и толщину осадочного слоя. Следующей задачей является сбор информации о местных растениях и биоте, которая, наряду с информацией о морском дне, позволит получить общую картину соответствующего района. Применение этих методов обеспечивает массу новой информации для МПП и других мероприятий по разработке политики в отношении морской среды (Colenutt and others, 2013). Доступ к информации из открытых источников, относящейся к подходам в области МПП, облегчают онлайн-инструменты геопространственного картирования (например, Menegon and others, 2018).

Картирование местообитаний не дает полного представления о составляющих различные местообитания компонентах экосистемы, в том числе о функционировании и взаимосвязанности компонентов экосистемы. Поэтому в более совершенных системах МПП одной из основ процесса планирования обычно является обзор экосистемы. В качестве примера можно привести публикацию *Ecosystem Overview of the Pacific North Coast Integrated Management Area* («Обзор экосистем в зоне комплексного управления тихоокеанского северного побережья») (Lucas and others, 2007), в которой содержится информация о геологических, метеорологических, климатических, физических и химических характеристиках, планктоне, морских растениях, беспозвоночных, рыбах, морских млекопитающих, морских черепахах и морских птицах.

Аналогичным образом, если процесс МПП охватывает рыболовство, может оказаться целесообразным включить в него временные и пространственные сведения о рыбных запасах и их эксплуатации. Во Франции для учета таких аспектов в процессе МПП был разработан метод документирования знаний рыбаков (Trouillet and others, 2019).

Для обеспечения эффективного рассмотрения соответствующих аспектов в контексте разработки политики, планов и программ предусмотрены стратегические экологические оценки, поскольку зачастую именно на этом более общем уровне принимаются решения, которые нала-

гают ограничения на конкретные проекты. Эти оценки, первоначально ориентированные только на экологические аспекты, теперь охватывают социальные вопросы и вопросы устойчивости (Fundingsland Tetlow and Hanusch, 2012).

В Китае этот метод связан с устоявшейся административной практикой проведения оценок экологического воздействия по конкретным проектам и нашел отражение в поправках 2002 года к закону об оценке воздействия на окружающую среду, который предусматривает оценку комплексных планов землепользования и регионального развития, а также освоения бассейнов и морских районов (Zhu and others, 2005).

В Европе этот метод проистекает из Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (Конвенция Эспо)² и изложен в Протоколе по стратегической экологической оценке 2003 года³. Протокол предусматривает шесть этапов: первоначальное обследование для определения того, необходима ли для осуществления плана или программы стратегическая экологическая оценка; обзорный анализ для определения того, какая информация актуальна для экологического отчета; составление экологического отчета в целях выявления, описания и оценки вероятных последствий планируемой деятельности; информирование и консультирование общественности, компетентных органов и государств, которые могут оказаться затронутыми; учет выводов стратегической экологической оценки в процессе принятия решений; и мониторинг эффективности планов и программ после их внедрения. Стратегические экологические оценки признаются Всемирным банком в качестве одного из важнейших средств учета экологических и социальных соображений в политике, планах и программах (World Bank, 2013) и в соответствии с Парижской декларацией по повышению эффективности внешней помощи 2005 года включаются рядом государств в процессы управления деятельностью по оказанию поддержки в целях развития (OECD, 2006).

На уровне отдельных проектов оценки воздействия на окружающую среду направлены на

² United Nations, *Treaty Series*, vol. 1989, No. 34028.

³ *Ibid.*, vol. 2685, No. 34028.

обеспечение того, чтобы экологические последствия учитывались до принятия решения о физическом изменении среды (например, Morgan, 2012). Подробное описание формата, действующего для государств Европы, можно также найти в Конвенции Эспо.

Для учета социально-экономических аспектов потребуется обследование морских промышленных секторов в охватываемых планом районах. При этом соотнесение соответствующих секторов с районом, по которому разрабатывается план, может оказаться трудной задачей, поскольку рыболовецкие суда могут базировать-

ся в далеких портах и на охватываемый планом район могут воздействовать другие не связанные с этим районом отрасли. Для более широкого учета социально-экономических аспектов может быть целесообразным провести социальный опрос в общинах, связанных с морским районом, в отношении которого осуществляется МПП. Помимо вопросов занятости, такой опрос может также охватывать (в зависимости от района) культурные аспекты, права и традиции коренных народов и другие традиционные формы взаимодействия общин с морем (Sullivan and others, 2015).

5. Прогресс в осуществлении морского пространственного планирования

5.1. Обзор

Морские пространственные планы были разработаны или (чаще) разрабатываются правительствами во всем мире. На второй Международной конференции по морскому пространственному планированию, организованной Межправительственной океанографической комиссией и Европейской комиссией в Париже в марте 2017 года, была принята совместная «дорожная карта» по ускорению процессов морского пространственного планирования во всех странах мира. В ней предусмотрено создание международного форума для проведения обсуждений и обмена мнениями по трансграничному МПП на международном уровне. В рамках международного форума по МПП уже проведено четыре практикума: в Брюсселе в мае 2018 года; на Реюньоне в марте 2019 года; в Виго (Испания) в мае 2019 года; и в Риге в ноябре 2019 года. Эти практикумы служат площадкой для широкого обмена передовым опытом и интерактивных дискуссий и ориентированы на выработку международных руководящих принципов по трансграничному МПП (International Oceanographic Commission (UNESCO-IOC), 2019).

В таблице приведена представленная Международной океанографической комиссией (UNESCO-IOC, 2020) краткая информация о состоянии МПП в разных странах мира.

Ведется работа по трансграничному МПП в отношении Балтийского моря. В Региональной балтийской дорожной карте по МПП на 2013–2020 годы изложены запланированные мероприятия по разработке и выполнению морских пространственных планов во всем регионе к 2020 году. Для обеспечения согласованности процесса МПП Хельсинкская комиссия разработала руководство по применению экосистемного подхода к МПП в районе Балтийского моря в том, что касается трансграничных консультаций, участия общественности и сотрудничества, а также структуры выходных данных по трансграничному МПП (Helsinki Commission, 2016).

Дальнейшая работа в области МПП ведется также в Республике Корея⁴, Перу и Эквадоре⁵.

С учетом наличия разных подходов к МПП, применяемых в различных регионах, ниже в серии примеров тематических исследований, отобранных для иллюстрации ситуации на разных континентах и обзора ряда проблем, приводятся более подробные сведения о некоторых из них.

⁴ В 2019 году Республика Корея приняла Закон о морском пространственном планировании и управлении и связанный с ним Национальный план осуществления рамочной программы по морскому пространственному планированию.

⁵ См. www.fao.org/in-action/coastal-fisheries-initiative/activities/latin-america/en и www.pe.undp.org/content/peru/es/home/projects/iniciativa-de-pesquerias-costeras---america-latina.html.

Страны, в которых существуют (утверждены, запланированы, начаты или проводятся) мероприятия по полному или частичному морскому пространственному планированию, в разбивке по регионам

Регион	Страны, в которых утверждены мероприятия по полному или частичному (в отношении конкретных аспектов или районов) морскому пространственному планированию	Страны, в которых мероприятия по морскому пространственному планированию запланированы, начаты или проводятся
Африка		Ангола, Гана, Кения, Маврикий, Мавритания, Мадагаскар, Марокко, Намибия, Сейшельские Острова, Южная Африка
Азия	Вьетнам, Китай, Филиппины	Индонезия, Мьянма, Таиланд
Австралия/Океания	Австралия, Кирибати, Новая Зеландия, Палау	Вануату, Соломоновы Острова, Тонга, Фиджи
Европа	Бельгия*, Германия*, Латвия*, Нидерланды*, Норвегия, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии	Болгария*, Греция*, Дания*, Ирландия*, Исландия, Испания*, Италия*, Кипр*, Литва*, Мальта*, Польша*, Португалия*, Российская Федерация, Румыния*, Словения*, Финляндия*, Франция*, Хорватия*, Швеция*, Эстония*
Ближний Восток		Израиль, Объединенные Арабские Эмираты
Северная и Южная Америка	Антигуа и Барбуда, Белиз, Канада, Мексика, Соединенные Штаты Америки	Гренада, Доминика, Колумбия, Сент-Винсент и Гренадины, Сент-Китс и Невис, Сент-Люсия, Тринидад и Тобаго, Ямайка

Источник: UNESCO-IOC (2019).

Примечание. 22 прибрежных государства Европейского союза (отмечены *) обязуются к 2021 году обеспечить полный охват своих вод инструментами МПП.

5.2. Тематическое исследование: Австралия

Австралия положила впечатляющее начало деятельности в области МПП, создав в 1975 году морской парк «Большой Барьерный риф». Для определения границ района Большого Барьерного рифа и учреждения Администрации морского парка «Большой Барьерный риф», которая управляет парком и обеспечивает его защиту, был принят ряд законов. В отношении парка действуют механизмы хозяйствования, согласно которым Администрация поддерживает связь и координирует стратегическую деятельность с различными департаментами правительства Австралии и органами управления Квинсленда. Управление парком осуществляется на основе принципов экологической устойчивости и плана зонирования, который предусматривает зоны многоцелевого

использования и обеспечивает защиту биоразнообразия в сети закрытых для рыболовства зон, занимающих 33 процента его территории и по крайней мере 20 процентов каждого биорегиона (Vince, 2014). Хотя план зонирования Большого Барьерного рифа является важнейшим элементом распоряжения парком (Kenchington and Day, 2011; Great Barrier Reef Marine Park Authority, 2019), в отношении парка действует также множество других инструментов и стратегий комплексного пространственно-временного управления (Day and others, 2019; см. также гл. 25). Главные проблемы в области управления парком связаны с глобальными факторами давления, такими как потепление океана в результате изменения климата и связанное с ним воздействие на рифовые экосистемы (см. главу 7D и тематическое исследование в разделе 3.1 главы 25).

В других районах Австралии прогресс был менее последовательным. В 1998 году началась разработка комплексной стратегии по океанам, которая позднее была переименована в национальную политику по океанам. Первоначальная цель заключалась в обеспечении полной интеграции между различными уровнями управления (в частности, на уровне штатов и на национальном уровне) и между соответствующими секторами. Однако для этого потребовалось бы внести изменения в законодательство, которое было принято в 1979 году (Office of the Attorney-General of Australia, 1980), и поэтому эта модель не была реализована. Национальная политика по океанам предусматривала всеобъемлющий обзор каждого морского сектора и анализ состояния вод. В 2004 году был опубликован юго-восточный региональный морской план, охватывающий воды от южной части Нового Южного Уэльса до восточной части Южной Австралии, включая Викторину и Тасманию. В нем были предусмотрены совместные действия в течение следующего десятилетия и проведение обзора в 2014 году (National Oceans Office, 2004). Однако лишь небольшое количество содержащихся в плане мероприятий было реализовано, и обзор проведен не был. В 2005 году на национальном уровне начала осуществляться новая инициатива, предусматривающая составление морских биорегиональных планов в отношении национальных вод. Планы включают в себя следующие природоохранные аспекты: ключевые экологические характеристики, охраняемые виды (и местообитания таких видов) и охраняемые районы. В них описываются морская среда и природоохранная ценность каждого морского района, устанавливаются широкие цели в области биоразнообразия, определяются региональные приоритетные задачи и излагаются стратегии и меры по их выполнению на основе научных знаний и информации, а также содержатся руководящие указания для принятия соответствующих решений на уровне секторов (Vince and others, 2015). В рамках выполнения обязательств основное внимание уделяется созданию национальной репрезентативной системы охраняемых районов моря. В 2015 году был проведен обзор планов управления в отношении большинства обозначенных охраняемых районов моря (общая площадь которых составляет 3,2 млн км², или около 36 процен-

тов вод, находящихся под юрисдикцией национального правительства) (Beeton and others, 2015). Однако результаты вызвали критику со стороны академических кругов (Ocean Science Council of Australia, 2017).

5.3. Тематическое исследование: Канада (тихоокеанское побережье)

Канада впервые изложила всеобъемлющий подход к распоряжению океанами в законе об океанах (Statutes of Canada, 1996, chap. 31). Разработанная в 2002 году стратегия по океанам обеспечила директивные рамки для исполнения закона об океанах на основе принципов устойчивого развития, комплексного управления и осторожного подхода. В Плане действий по океанам 2005 года определено пять приоритетных областей морского планирования, включая район, который позднее стал называться Зоной комплексного управления тихоокеанского северного побережья. В 2005 году ряд коренных народов на тихоокеанском побережье начали рассматривать МПП как один из вопросов, представляющих общий интерес. В результате было создано партнерство по морскому плану для тихоокеанского побережья, в котором участвуют органы власти провинции и (в итоге) 16 коренных народов. Считается, что планы партнерства не имеют юридической функции, а устанавливают руководящие принципы, разработанные совместно 16 коренными народами и властями провинции Британская Колумбия. Планы предусматривают режим зонирования, в рамках которого определяются районы, имеющие важное значение для биоразнообразия, общего использования и морской отрасли. На основе четырех субрегиональных планов была составлена региональная программа действий по всему охватываемому плану району (Rodriguez, 2017). Департамент рыболовства и океанических ресурсов Канады провел тщательный экологический обзор этого района, в результате которого была получена значительная часть основных обосновывающих материалов для создания Зоны комплексного управления тихоокеанского северного побережья (Lucas and others, 2007). К 2010 году между правительством Канады, коренными народами и провинцией Британская Колумбия было заключено не имеющее обязательной силы трехстороннее соглашение. План

района был одобрен правительством Канады, коренными народами и провинцией Британская Колумбия в начале 2017 года. Он обеспечивает основу для экосистемного и адаптивного совместного управления морской деятельностью и морскими ресурсами. Одной из важнейших задач в рамках разрабатываемого в настоящее время плана является создание сети охраняемых районов моря, которая будет служить ориентиром для создания таких районов и принятия других зональных природоохранных мер в будущем.

5.4. Тематическое исследование: Китай

В Китае разновидностью МПП считается морское функциональное зонирование (МФЗ), которое было внедрено правительством Китая в 1988 году (Feng and others, 2016; Kang and others, 2017). Можно считать, что МФЗ осуществляется в три этапа и было институционально закреплено в принятом в 2001 году законе о регулировании порядка использования морских районов. В законе установлены принципы выдачи разрешений на использование морских районов, плата за использование и различные системы МФЗ. Согласно закону, МФЗ подразумевает разделение морских акваторий (включая острова) на различные отведенные для деятельности человека пространственные зоны с учетом их географических и экологических особенностей, природных ресурсов, текущего использования и потребностей социально-экономического развития (Fang and others, 2018).

Первый этап МФЗ длился с 1989 по 1993 год и включал в себя реализацию пилотного проекта по МФЗ в Бохайване в 1990 году. Затем в период с 1991 по 1997 год были разработаны и внедрены программы МФЗ в других прибрежных провинциях. В 1993 году Государственное управление по океанам разработало первые национальные карты МФЗ для прибрежных районов территориального моря.

Второй этап МФЗ продолжался с 1997 по 2002 год и начался с выпуска технической директивы. Первоначальный план МФЗ был принят в 1997 году органами местного самоуправления города Сямынь. Опираясь на опыт, полученный на первом этапе, Государственное управление по океанам в 1998 году приступило к осуществ-

лению второго этапа, который продлился до 2010 года. На этом этапе, в 1998 году, Управление поручило всем 11 прибрежным провинциям Китая составить план МФЗ по каждой провинции. В 2001 году работа над планами была завершена, и в 2002 году планы по семи прибрежным провинциям были утверждены. Планы МФЗ по всем 11 прибрежным провинциям Китая были утверждены к 2008 году (Fang and others, 2018).

Третий этап МФЗ начался в 2011 году и продлится до 2020 года. Деятельность ведется на трех уровнях: региональном, провинциальном и локальном (Huang and others, 2019; UNESCO-IOC, 2020).

Деятельность в рамках МФЗ помогла Китаю более эффективно планировать освоение своих морей и берегов (Fang and others, 2018; Huang and others, 2019). При этом на этапе реализации возник ряд проблем. В качестве необходимых шагов были обозначены улучшение координации между планированием морских и наземных районов, более эффективное урегулирование конфликтов между заинтересованными сторонами, усиление мониторинга и оценки и более конструктивное участие заинтересованных сторон (Feng and others, 2016; Liu and Xing, 2019). На практике МФЗ является инструментом зонирования морского пространства для многочисленных пользователей (Feng and others, 2016; Kang and others, 2017). При оценке действенности МФЗ ряд исследователей (см. Huang and others, 2019) установили, что процесс разработки и внедрения инструментов МФЗ был по существу нисходящим, что привело к возникновению двух проблем: недостаточной применимости из-за погрешностей в классификации морских пространственных зон; и недостаточной последовательности в связи с необходимостью вести работу на более низком (муниципальном) уровне и тем обстоятельством, что районы различного назначения обозначены на картах меньшего масштаба, составленных властями провинций. В настоящее время планов по внедрению инструментов МФЗ нет, и регулирование совокупного воздействия различных секторов не осуществляется. МФЗ, как представляется, не остановило процесс деградации прибрежных и морских природных ресурсов и экологических систем, и проблема загрязнения окружающей среды не решена (Kang and others, 2017).

5.5. Тематическое исследование: Европейский Союз

После принятия в 2008 году Рамочной директивы о морской стратегии в 2014 году Европейский союз издал директиву, потребовав от своих приморских государств-членов разработать и внедрить морские пространственные планы в отношении своих вод (European Union, 2014). Национальное законодательство, имплементирующее эту директиву, планировалось принять к 2016 году, а морские пространственные планы по всем охватываемым им водам должны быть составлены к 2021 году. Планы не должны распространяться на прибрежные воды, охватываемые системами планирования отдельных городов и стран, и не должны касаться взаимодействия между наземными и морскими районами (однако в них необходимо отражать национальные решения по этому вопросу). В планах необходимо учитывать все соответствующие виды человеческой деятельности и районы различного назначения, включая районы аквакультуры; промысловые районы; установки и инфраструктуру для разведки, разработки и извлечения нефти, газа и других энергетических ресурсов, минералов и агрегатов, а также для производства энергии из возобновляемых источников; морские транспортные маршруты и транспортные потоки; зоны военных учений; зоны охраны природы и различных видов и заповедные районы; районы добычи сырья; районы проведения научных исследований; пути пролегания подводных кабелей и трубопроводов; и районы туризма и расположения объектов подводного культурного наследия. Государства-члены обязаны обеспечивать участие общественности в процессе планирования, обмениваться информацией и в целом сотрудничать друг с другом и с соответствующими третьими странами — особенно по линии действующих организаций по региональным морям (European Union, 2014).

Какие районы должны быть охвачены индивидуальными планами, остается на усмотрение государств-членов. Например, во Франции в феврале 2017 года постановлением премьер-министра была утверждена национальная стратегия высокого уровня по морским и прибрежным районам. Эта стратегия предусматривает разделение морских районов на бассейны и разработку страте-

гических документов по следующим из них: восточное побережье Ла-Манша — Северное море; Северная Атлантика; Южная Атлантика; и Средиземное море. Каждый стратегический документ должен состоять из четырех частей: обзор ситуации, вызовы и перспективы морского бассейна в 2030 году; стратегические цели, определенные с экономической, социальной и экологической точек зрения, и соответствующие показатели эффективности; процедура оценки хода выполнения стратегического документа; и план действий. По каждому бассейну уже были составлены первые две части документов, а остальные части будут разработаны в течение следующих нескольких лет. В совокупности эти документы закладывают основу для принятия всех соответствующих решений национальными, региональными и местными органами власти (France, Ministry for the Ecological Transition, 2017).

5.6. Тематическое исследование: Южная Африка

Рамочная программа по МПП в Южной Африке была разработана по инициативе правительства Южной Африки в рамках операции «Пакиса» («пакиса» на языке сесото означает «поторопись»), которая направлена на раскрытие потенциала связанной с океаном экономики в этой стране в качестве механизма выполнения Национального плана развития на период до 2030 года. В контексте операции «Пакиса» МПП было определено в качестве приоритетного направления, что, в свою очередь, способствовало ускорению работы над законом о морском пространственном планировании 2019 года (South Africa, 2019). Закон предусматривает разработку морских пространственных планов и создание институциональных механизмов для их выполнения, а также управление порядком использования ресурсов океана представителями различных секторов. Стремительный темп разработки и принятия законодательства о МПП в Южной Африке (менее трех лет от разработки первого проекта до принятия закона) был продиктован стремлением быстро вывести деятельность в рамках МПП на более значимый уровень (уровень исключительной экономической зоны).

На этапе детального планирования и развертывания операции «Пакиса» и разработки закона о морском пространственном планировании

правительство страны также разработало национальную рамочную программу по морскому пространственному планированию (South Africa, 2017). В рамках этой программы обеспечивается руководство высокого уровня по осуществлению МПП в контексте нормативно-правового режима страны (включая действующие режимы планирования) в целях обеспечения последовательности в планировании океанического пространства. В программе также учитывается необходимость координации с деятельностью по планированию наземных и прибрежных районов. Для упрощения пространственного планирования исключительная экономическая зона Южной Африки была разделена на западный, восточный и южный морской район и район островов Принс-Эдуард, в отношении которых будут разрабатываться официальные морские пространственные планы. Правительство намерено опубликовать первые планы морских районов к 2021 году. Оно признает важность данных и информации для пространственного планирования и параллельно осуществляет проекты по восполнению пробелов в данных и созданию инфраструктуры пространственных данных в поддержку МПП и планирования перехода к экономике, основанной на освоении ресурсов океана (South Africa, 2017).

Налаживание процессов МПП в Южной Африке ведется с опорой на принятую ранее экологическую политику, которая по своей сути поощряет зональное хозяйствование, в частности пространственное планирование ресурсов окружающей среды. После апартеида (т.е. после 1994 года) Южная Африка выбрала в качестве основы для своей политической системы консенсусную демократию (Karume, 2003). В этой связи большинство природоохранных законов, принятых после 1994 года, ориентированы на подходы, основанные на сотрудничестве и широком участии, включая принятие решений в области пространственного планирования или зонирования на основе переговоров. Об этом свидетельствуют законы об охраняемых наземных районах и пространственном планировании наземных районов (South Africa, 2004, 2013b). В принятом в 2008 году законе о национальном природопользовании и комплексном управлении прибрежными районами (South Africa, 2009) предусмотрены межсекторальные

механизмы управления прибрежным пространством и вводятся административные (и именно пространственные) ограничения, такие как границы прибрежных районов, находящихся в государственной собственности, и границы районов, не подлежащих освоению. Таким образом, пространственное планирование (или зонирование) стало важнейшим компонентом национальной программы комплексного управления прибрежными районами, и охватывает районы, простирающиеся вплоть до внешней границы исключительной экономической зоны (например, South Africa, 2014, 2013a). Хотя эта инициатива и считается прогрессивной и смелой (Taljaard and others, 2019; Colenbrander and Sowman, 2015), сохраняются многочисленные препятствия для ее реализации, включая недостаточную политическую поддержку, отсутствие ресурсов и ясности по поводу юрисдикции в отношении частных и общинных земель и ограниченное участие гражданского общества в принятии решений (Sowman and Malan, 2018).

Законодательство в области МПП в Южной Африке разработано недавно, пока не доказало свою эффективность и не оспаривалось рецидентным правом. Поскольку речь идет о намерении регулировать порядок использования районов, богатых крайне ценными морскими ресурсами, за право на распоряжение которыми зачастую борются многочисленные пользователи, использующие их в разных и нередко несовместимых целях, опробование этих законов в судах не подлежит сомнению. Операция «Пакиса» с ее упором на МПП также поощряет осуществляемые на уровне общин и по принципу «снизу-вверх» инициативы, такие как проект в заливе Алгоа (Dorrington and others, 2018). Роль таких инициатив в национальной структуре МПП пока не ясна.

5.7. Тематическое исследование: Вьетнам

Исследования в области комплексного управления прибрежными районами и МПП во Вьетнаме начались в 1996 году. За период с 2010 по 2013 год в рамках осуществления регионального проекта по пространственному планированию в прибрежных районах Вьетнам расширил свои возможности в области МПП и приступил к осуществлению МПП в прибрежных районах

провинций Куангнинь и Хайфон. При содействии различных доноров, включая «Партнерства в области экологичного распоряжения морями Восточной Азии» и Национальную администрацию по океану и атмосфере, Вьетнам применил основанный на МПП подход к функциональному зонированию охраняемых морских районов острова Мун, бухты Байтылонг и Ку-Лао-Чам, а также к зонированию прибрежных районов по назначению в рамках комплексного управления побережьем Дананга (Nguyen and Hien, 2014). В то же время в рамках проекта, финансируемого Глобальным экологическим фондом и осуществляемого Министерством сельского хозяйства и аграрного развития Вьетнама, в семи прибрежных провинциях (Нгеан, Тханьхоа, Биньдинь, Фуйен, Кханьхоа, Шокчанг и Камау) в период с 2012 по 2018 год началась работа по МПП.

Создание официальных учреждений конкретно по МПП во Вьетнаме началось в 2012 году с принятием закона о море. В 2015 году в рамках закона о морских и островных природных ресурсах и окружающей среде было предусмотрено комплексное планирование неистощительного использования и эксплуатации прибрежных ресурсов. Затем был принят закон о планировании, который вступил в силу в январе 2017 года и предусматривает, что МПП будет служить основой для всей деятельности по планированию и что все другие секторальные планы в отношении побережий и морей должны согласовываться с его принципами. В настоящее время ведется разработка морских пространственных планов, охватывающих все побережья и моря Вьетнама.

Справочная литература

- Beeton, R.J.S., and others (2015). *Commonwealth Marine Reserves Review: Report of the Expert Scientific Panel*. Canberra: Department of the Environment.
- Colenbrander, Darryl R., and Merle R. Sowman (2015). Merging socioeconomic imperatives with geospatial data: a non-negotiable for coastal risk management in South Africa. *Coastal Management*, vol. 43, No. 3, pp. 270–300.
- Colenutt, Andrew, and others (2013). Nearshore substrate and marine habitat mapping to inform marine policy and coastal management. *Journal of Coastal Research*, pp. 1509–1514.
- Collie, Jeremy, and others (2013). Marine spatial planning in practice. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 117, pp. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.11.010>.
- Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (2009). Overview of national spatial planning and control systems relevant to the OSPAR Maritime Area.
- Day, Jon C., and others (2019). Marine zoning revisited: how decades of zoning the great barrier reef has evolved as an effective spatial planning approach for marine ecosystem-based management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 29, pp. 9–32.
- Dorrington, Rosemary A., and others (2018). Working together for our oceans: a marine spatial plan for Algoa Bay, South Africa. *South African Journal of Science*, vol. 114, Nos. 3–4, pp. 1–6.
- Douvere, Fanny, and Charles N. Ehler (2009). New perspectives on sea use management: initial findings from European experience with marine spatial planning. *Journal of Environmental Management*, vol. 90, No. 1, pp. 77–88.
- Ehler, Charles, and Fanny Douvere (2007). *Visions for a Sea Change. Report of the First International Workshop on Marine Spatial Planning*. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides, No. 46: ICAM Dossier, No. 3. Paris: UNESCO.
- (2009). *Marine Spatial Planning: A Step-by-Step Approach toward Ecosystem-Based Management*. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides, No. 53, ICAM Dossier, No. 6. Paris: UNESCO.

- European Union (2014). Directive 2014/89/EU of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014 establishing a framework for maritime spatial planning, Official Journal L 257, 28 August 2014, pp. 135–145.
- Fang, Qinhua, and others (2018). Marine functional zoning: A practical approach for integrated coastal management (ICM) in Xiamen. *Ocean and Coastal Management*, p. 104433.
- Feng, Ruoyan, and others (2016). Development of China's marine functional zoning: a preliminary analysis. *Ocean and Coastal Management*, vol. 131, pp. 39–44.
- Foley, Melissa, and others (2010). Guiding ecological principles for marine spatial planning. *Marine Policy*, vol. 34, pp. 955–966. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.02.001>.
- France, Ministry for the Ecological Transition (2017). *National Strategy for the Sea and Coast*. Paris.
- Fundingsland Tetlow, Monica, and Marie Hanusch (2012). Strategic environmental assessment: the state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal*, vol. 30, pp. 15–24. <http://doi.org/10.1080/14615517.2012.666400>.
- Great Barrier Reef Marine Park Authority (2019). *Great Barrier Reef Outlook Report 2019*. <http://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/bitstream/11017/3474/10/Outlook-Report-2019-FINAL.pdf>.
- Helsinki Commission (2016). *MSP Guidelines*. <https://helcom.fi/action-areas/maritime-spatial-planning/msp-guidelines>.
- Huang, Faming, and others (2019). Coordination of marine functional zoning revision at the provincial and municipal levels: a case study of Putian, China. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 7, No. 12, p. 442.
- Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO-IOC) (2019). *MSP Around the Globe*. <http://msp.ioc-unesco.org/world-applications/overview>.
- _____ (2020). *Marine Spatial Planning Programme – China*. <http://msp.ioc-unesco.org/world-applications/asia/china>.
- International Organization of Supreme Audit Institutions (2019). *Are Nations Prepared for Implementation of the 2030 Agenda?* www.idi.no/en/idi-library/global-public-goods/auditing-sustainable-development-goals.
- Jay, S. (2017). *Marine Spatial Planning, Assessing net benefits and improving effectiveness*, Issue Paper. OECD 2017 Green Growth and Sustainable Development Forum “Greening the Ocean Economy”. www.oecd.org/greengrowth/ggsd2017.
- Jones, Peter, and others (2016). Marine spatial planning in reality: introduction to case studies and discussion of findings. *Marine Policy*, vol. 71, pp. 256–264. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.026>.
- Kang, Min-jie, and others (2017). Discussion on marine spatial planning in China: role and prospect. *DEStech Transactions on Environment, Energy and Earth Sciences*. <https://doi.org/10.12783/dteees/ese2017/14323>.
- Karume, Shumbana (2003). Conceptual understanding of political coalitions in South Africa: an integration of concepts and practices. Paper presented at an Electoral Institute of Southern Africa round table on Strengthening Democracy through Party Coalition Building. Cape Town. 19 June 2003.
- Kenchington, R.A., and J.C. Day (2011). Zoning, a fundamental cornerstone of effective marine spatial planning: lessons learnt from the Great Barrier Reef, Australia. *Journal of Coastal Conservation*, vol. 15, No. 2, pp. 271–278.
- Liu, D.H., and X. Xing (2019). Analysis of China's coastal zone management reform based on land-sea integration. *Marine Economics and Management*, vol. 2, No. 1, pp. 39–49.
- Lucas, B.G., and others (2007). *Ecosystem Overview: Pacific North Coast Integrated Management Area (PNCI-MA)*. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, No. 2667. Ottawa: Fisheries and Oceans Canada.

- Menegon S., and others (2018). Tools4MSP: an open source software package to support Maritime Spatial Planning. *PeerJ Computer Science*, vol. 4, p. e165. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.165>.
- Morgan, Richard (2012). Environmental impact assessment: the state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal*, vol. 30, pp. 5–14. <http://doi.org/10.1080/14615517.2012.661557>.
- National Oceans Office (2004). *South-East Regional Marine Plan, Implementing Australia's Oceans Policy in the South-East Marine Region*. Hobart, Australia.
- Nguyen, Chu Hoi, and Bui Thi Thu Hien (2014). *Integrated Spatial Planning and Management for Marine and Coastal Sustainability in Viet Nam*. Gland, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature.
- Ocean Science Council of Australia (2017). Submission to the Director of National Parks on Australian Marine Networks draft management plans. http://oceansciencecouncil.org/wp-content/uploads/2017/07/OSCA-submission-draft-management-plans-2017_09_20-1.pdf.
- Office of the Attorney-General of Australia (1980). *Offshore constitutional settlement: a milestone in co-operative federalism*. Canberra: Australian Government Publishing Service. www.ag.gov.au/International-relations/InternationalLaw/Documents/offshore-constitutional-settlement-a-milestone-in-cooperative-federalism-pages-1-10%20ocr.pdf.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2006). *Applying Strategic Environmental Assessment: Good Practice Guidance for Development Co-Operation*. Paris.
- _____ (2017). *The Governance of Land Use: Policy Highlights*. Paris.
- Pacific North Coast Integrated Management Area Initiative (2017). *Pacific North Coast integrated management area plan*. Canada. <https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/40743032.pdf>.
- Plasman, Cathy (2008). Implementing marine spatial planning: a policy perspective, *Marine Policy*, vol. 32, pp. 811–815. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2008.03.016>.
- Pinarbaşı, Kemal, and others (2017). Decision support tools in marine spatial planning: present applications, gaps and future perspectives, *Marine Policy*, vol. 83, pp. 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.031>.
- Rodriguez, Nicolas J.I. (2017). A comparative analysis of holistic marine management regimes and ecosystem approach in marine spatial planning in developed countries. *Ocean and Coastal Management*, vol. 137, pp. 185–197.
- Schultz-Zehden, Angela, and others (2019). Maritime Spatial Planning and the EU's Blue Growth Policy: past, present and future perspectives. In *Maritime Spatial Planning: Past, Present, Future*, Jacek Zaucha and Kira Gee, eds., pp. 121–149. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98696-8_6.
- South Africa (2004). *National Environmental Management: Protected Areas Act 57 of 2003*. Pretoria.
- _____ (2009). *National Environmental Management: Integrated Coastal Management Act 24 of 2008*. Pretoria.
- _____ (2013a). *National Estuarine Management Protocol (10 May 2013)*. Pretoria.
- _____ (2013b). *Spatial Planning and Land Use Management Act 16 of 2013*. Pretoria.
- _____ (2014). *The National Coastal Management Programme of South Africa*. Cape Town.
- _____ (2017). *Marine Spatial Planning Framework (26 May 2017)*. Pretoria.
- _____ (2019). *Marine Spatial Planning Act 16 of 2018*. Pretoria.
- Sowman, M., and N. Malan (2018). Review of progress with integrated coastal management in South Africa since the advent of democracy. *African Journal of Marine Science*, vol. 40, No. 2, pp. 121–136.
- Sullivan, Colleen, and others (2015). Combining geographic information systems and ethnography to better understand and plan ocean space use. *Applied Geography*, vol. 59, pp. 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.027>.

- Taljaard, S., and others (2019). The legal landscape governing South Africa's coastal marine environment: helping with the 'horrendogram'. *Ocean and Coastal Management*, vol. 178, p. 104801.
- Trouillet, Brice, and others (2019). More than maps: providing an alternative for fisheries and fishers in marine spatial planning. *Ocean and Coastal Management*, vol. 173, pp. 90–103.
- Tuda, Arthur, and others (2014). Resolving coastal conflicts using marine spatial planning. *Journal of Environmental Management*, vol. 133, pp. 59–68.
- Twomey, S., and C. O'Mahony (2019). Stakeholder processes in Marine Spatial Planning: ambitions and realities from the European Atlantic experience. In *Maritime Spatial Planning*, Zaucha J. and Gee K., eds. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98696-8_13.
- United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vince, Joanna (2014). Oceans governance and marine spatial planning in Australia. *Australian Journal of Maritime and Ocean Affairs*, vol. 6, No. 1, pp. 5–17.
- Vince, Joanna, and others (2015). Australia's oceans policy: past, present and future. *Marine Policy*, vol. 57, pp. 1–8.
- World Bank (2013). *Brief: Strategic Environmental Assessment*. www.worldbank.org/en/topic/environment/brief/strategic-environmental-assessment.
- Zhu, Tan, and others (2005). Requirements for strategic environmental assessment in China. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, vol. 7, No. 1, pp. 81–97.

Глава 27

Сдвиги

в подходах

к хозяйствованию

Участники: Пирс Данстан (координатор), Ка Тхань Ву (соведущий участник), Фредерик Гишар, Ана Кристина ди Жезуш, Мануэль Идальго, Вэлери Камминс, Эктор Мануэль Лосано-Монтес, Чанда Л. Мик, Маркус Полетт, Джемма Пурандаре, Луис Селлирс, Анита Смит, Анастасия Страти (ведущий участник), Энтони Ферт, Квентин Хейнич, Кэрен Эванс (соведущий участник) и Майкл Эллиотт

Ключевые тезисы

- Экосистемный подход является одним из наиболее значимых подходов к распоряжению океаном и состоит из экологического, социального и экономического регулирования взаимодействия человека с океанами и побережьями на многих уровнях (т. е. трансграничном, региональном, национальном и местном).
- Хотя в целом считается, что экосистемный подход служит эффективной основой для распоряжения океаном, необходимо и дальше заниматься исследованиями и наращивать возможности, чтобы полноценно реализовать потенциальные преимущества этого подхода во всех акваториях океанов.
- Хозяйствование осуществляется на двух различных уровнях управления, а именно: процессы принятия решений, которые обеспечивают основу для принятия решений и осуществления политики, направленной на сохранение и рациональное использование морских ресурсов, и инструменты хозяйствования (зонально привязанные и без зональной привязки), которые могут использоваться для регулирования и изменения деятельности человека в конкретной системе.
- Для осуществления Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года¹ требуется хозяйствование на основе экосистемного подхода в целях достижения комплекса глобальных приоритетов и задач, предусмотренных целями в области устойчивого развития. Это позволит обеспечить интеграцию взаимодействия, выгод и компромиссов между этими целями и будет способствовать выполнению каждой из задач, связанных с океаном.
- Наблюдается растущая тенденция к учету в рамках хозяйствования культурной ценности океана.

1. Введение

1.1. Необходимость управления морской средой

За последнее десятилетие произошли большие изменения в разработке подходов к хозяйствованию, предусматривающих распоряжение ресурсами океана и обеспечение их устойчивости. Настоящая глава призвана дать общее представление о характере этих изменений, а также в ней приводятся примеры отдельных видов передовой практики во всем мире, включая процессы и инструменты принятия решений. Для понимания этих изменений важно признать, что подходы к распоряжению океаном берут свое начало в местных и коренных сообществах, а также в науке и постепенно эволюционировали от первоначальных попыток решения конкретных экологических проблем, таких как загрязнение из наземных источников в 1960-х годах, до более комплексных подходов, таких как комплексное управление прибрежной зоной начиная с 1970-х годов. Современные подходы к распоряжению

океаном охватывают множество различных инструментов, разработанных с учетом региональной специфики вопросов и их масштабов. На потребности и характер распоряжения океаном влияют социальные, культурные, экономические и управленческие условия, включая нормы и системы ценностей, которые оказывают воздействие на подходы к принятию решений правительством, промышленностью и гражданским обществом на различных уровнях. В целом понятие «распоряжение океаном» расширяется, охватывая не только побережья и региональные моря, но и регулирование все более активной человеческой деятельности в более глубоководных районах исключительных экономических зон и континентальных шельфов, например с помощью морского пространственного планирования (см. гл. 26). Районы за пределами действия национальной юрисдикции в настоящее время являются предметом переговоров в Организации Объединенных Наций в контексте Межправительственной конференции по меж-

¹ См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

дународному юридически обязательному документу на базе Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву² о сохранении и устойчивом использовании морского биологического разнообразия в районах за пределами действия национальной юрисдикции (см. гл. 28). Поэтому при применении различных форм хозяйствования необходимо понимание подходов и их успешности на сегодняшний день.

Данная глава начинается с введения в одну из наиболее значимых формирующихся парадигм распоряжения океаном — экосистемный подход, который в настоящее время получил всеобщее признание на глобальном, региональном и национальном уровнях (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2004) в качестве стратегии комплексного хозяйствования. При экосистемном подходе большое внимание уделяется необходимости вовлечения всех соответствующих слоев общества и обеспечивается растущая поддержка подходов к распоряжению океаном, основанных на принципе «снизу вверх» и ведущей роли местного населения, учитывающих традиционные права и социальную справедливость и предусматривающих применение процессов, основанных на широком участии. Эти тенденции сопоставляются при анализе глобальных подходов к хозяйствованию, сгруппированных по зонально привязанным примерам и примерам без зональной привязки. Подходы, основанные на принципе «снизу вверх» дополняются подходами, основанными на принципе «сверху вниз» и разрабатываемыми при помощи международных, региональных и национальных инициатив в области управления. Это свидетельствует о разнообразии мероприятий по распоряжению океаном, направленных на решение широкого круга

2. Подходы к хозяйствованию

2.1. Введение в экосистемный подход

Экосистемный подход представляет собой комплексный подход с тремя основными составляющими, а именно: экологическое, социальное и экономическое регулирование взаимодействия человека с океанами и побережьями на многих

вопросов, от охраны водно-болотных угодий во всем мире до создания сетей охраняемых морских районов. Адаптивное хозяйствование в целях интеграции гибких стратегий, смягчающих изменения в морских экосистемах, связанные с изменением климата, и адаптирующихся к ним, анализируется также в контексте вопросов, касающихся конкретных регионов, формирования потенциала, пробелов и будущих исследований.

1.2. Резюме первой «Оценки состояния Мирового океана»

В первой «Оценке состояния Мирового океана» (United Nations, 2017) подходы к хозяйствованию не были вынесены в самостоятельную главу; вместо этого в отдельные главы были включены комментарии высокого уровня по подходам к хозяйствованию. Вследствие важности проведения сводного обзора многочисленных подходов к хозяйствованию в морских районах и их применения в настоящую «Оценку» была включена специальная глава, посвященная распоряжению океаном.

1.3. Дублирование и связь с другими главами

Инструменты хозяйствования широко применяются во всех видах морепользования и всеми пользователями морской среды, поэтому настоящая глава имеет отношение ко всем другим главам настоящей «Оценки», в частности к главе 15 о промысловом рыболовстве, главе 16 об аквакультуре, главе 21 о возобновляемых источниках энергии, главе 25 о кумулятивных эффектах и главе 26 о морском пространственном планировании.

уровнях (т.е. трансграничном, региональном, национальном и местном) с использованием принципов «снизу вверх» и «сверху вниз». Конференция сторон Конвенции о биологическом разнообразии (United Nations Environment Programme (UNEP), 2000) в своем решении V/6 охарактеризовала экосистемный подход как «стратегию комплексного управления земельными, водными и

² United Nations, *Treaty Series*, vol. 1834, No. 31363.

живыми ресурсами, которая обеспечивает их сохранение и устойчивое использование на справедливой основе». Как таковой этот подход получил широкое признание и применяется в качестве эффективного механизма хозяйствования (см., например, Рамочную директиву Европейского союза о морской стратегии³ и комплексную оценку экосистемы, проведенную Национальной администрацией по океану и атмосфере⁴).

Существует множество законодательных инструментов, охватывающих все аспекты морепользования и требующих как вертикальной, так и горизонтальной интеграции (Boyes and Elliott, 2014). Подходы к хозяйствованию, основанные на принципе «сверху вниз», как правило, включают политические и законодательные инструменты, направленные на осуществление международных конвенций, соглашений и документов и достижение национальных приоритетов в отношении морских пространств. Инструменты хозяйствования, основанные на принципе «снизу вверх», включая традиционные или коренные экосистемно ориентированные и основанные на участии заинтересованных сторон подходы к распоряжению ресурсами (Thornton and Maciejewski Scheer, 2012; Turner and Berkes, 2006), как правило, обусловлены необходимостью обеспечения эффективного хозяйствования на местном уровне. Инструменты хозяйствования, основанные на принципе «снизу вверх», могут быть продиктованы социальными, экономическими или экологическими аспектами, характерными для того или иного района, такими как необходимость решения проблемы воздействия загрязнения из точечных источников посредством целенаправленных хозяйственных мер.

Конференция сторон Конвенции о биологическом разнообразии в своих руководящих указаниях по применению (см. вставку) признает, что нынешнее понимание нередко носит ограниченный характер и в таких случаях следует

придерживаться принципа принятия мер предосторожности⁵. Принцип принятия мер предосторожности, отраженный в принципе 15 Рио-де-Жанейрской декларации по окружающей среде и развитию 1992 года⁶, в котором говорится, что в тех случаях, когда существует угроза серьезного или необратимого ущерба, отсутствие полной научной уверенности не используется в качестве причины для отсрочки принятия экономически эффективных мер по предупреждению ухудшения состояния окружающей среды, включается во все большее число международных договоров и других документов, что отражает тенденцию к тому, чтобы принцип принятия мер предосторожности стал частью обычного международного права (см., например, п. 135 консультативного заключения Камеры по спорам, касающимся морского дна, Международного трибунала по морскому праву 2011 года).

2.2. Применение экосистемного подхода к хозяйствованию

Экосистемный подход может использоваться и применяться в одном секторе, как в случае экосистемно ориентированной рыбохозяйственной деятельности (Cowan and others, 2012), экосистемных подходов к рыболовству и экосистемного подхода к аквакультуре (Brugère and others, 2019), или в нескольких секторах, как в случае комплексного управления прибрежной зоной (UNEP, 2018). За последнее десятилетие конкретные случаи применения экосистемного подхода привели к тому, что в рамках механизмов хозяйствования стали устанавливаться методы использования и применения (Zhang and others, 2011; Link and Browman, 2017). Несмотря на это, все еще существуют значительные пробелы в применении и неполное принятие в различных секторах и регионах. Например, до сих пор существуют значительные расхождения во мнениях различных заинтересованных сторон, таких как

³ См. https://ec.europa.eu/environment/marine/eu-coast-and-marine-policy/marine-strategy-framework-directive/index_en.htm.

⁴ См. www.integratedecosystemassessment.noaa.gov.

⁵ См. Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity decision VII/11, annex I, implementation guideline 6.2.

⁶ Доклад Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года, том I, Резолюции, принятые на Конференции (издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № R.93.I.8 и исправление), резолюция 1, приложение I. См. также www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml.

12 принципов экосистемного подхода, определенных в рамках руководящих указаний, принятых Конференцией сторон Конвенции о биологическом разнообразии [см. решения V/6 (2000) и VII/11 (2004)]

Принцип 1: Задачи управления земельными, водными и живыми ресурсами определяются обществом.

Принцип 2: Управление должно быть, по возможности, максимально децентрализованным.

Принцип 3: Органы управления экосистемами должны учитывать влияние своей деятельности (действительное или возможное) на смежные или любые другие экосистемы.

Принцип 4: Признавая возможность положительных результатов управления, следует тем не менее понимать функционирование экосистемы и осуществлять управление ею в экономическом контексте. Любая такая программа управления экосистемой должна:

- a) устранять диспропорции в структуре рынка, которые отрицательно влияют на биологическое разнообразие;
- b) предоставлять стимулы для сохранения биологического разнообразия и устойчивого использования;
- c) по мере возможности сосредоточивать все затраты и выгоды внутри самой экосистемы.

Принцип 5: Одной из первоочередных задач экосистемного подхода является сохранение структуры и функций экосистемы в целях поддержания экосистемных услуг.

Принцип 6: Управление экосистемами должно осуществляться только в пределах естественного функционирования.

Принцип 7: Экосистемный подход следует осуществлять в соответствующих пространственных и временных масштабах.

Принцип 8: Учитывая изменчивость временных характеристик и возможность отсроченных последствий, свойственных экосистемным процессам, цели управления экосистемой должны быть долгосрочными.

Принцип 9: При управлении экосистемами необходимо учитывать неизбежность изменений.

Принцип 10: Экосистемный подход должен обеспечивать достижение надлежащего равновесия между сохранением и использованием биологического разнообразия и их интеграцию.

Принцип 11: Экосистемный подход должен учитывать любые формы соответствующей информации, включая научные данные, а также знания, нововведения и практику коренных и местных общин.

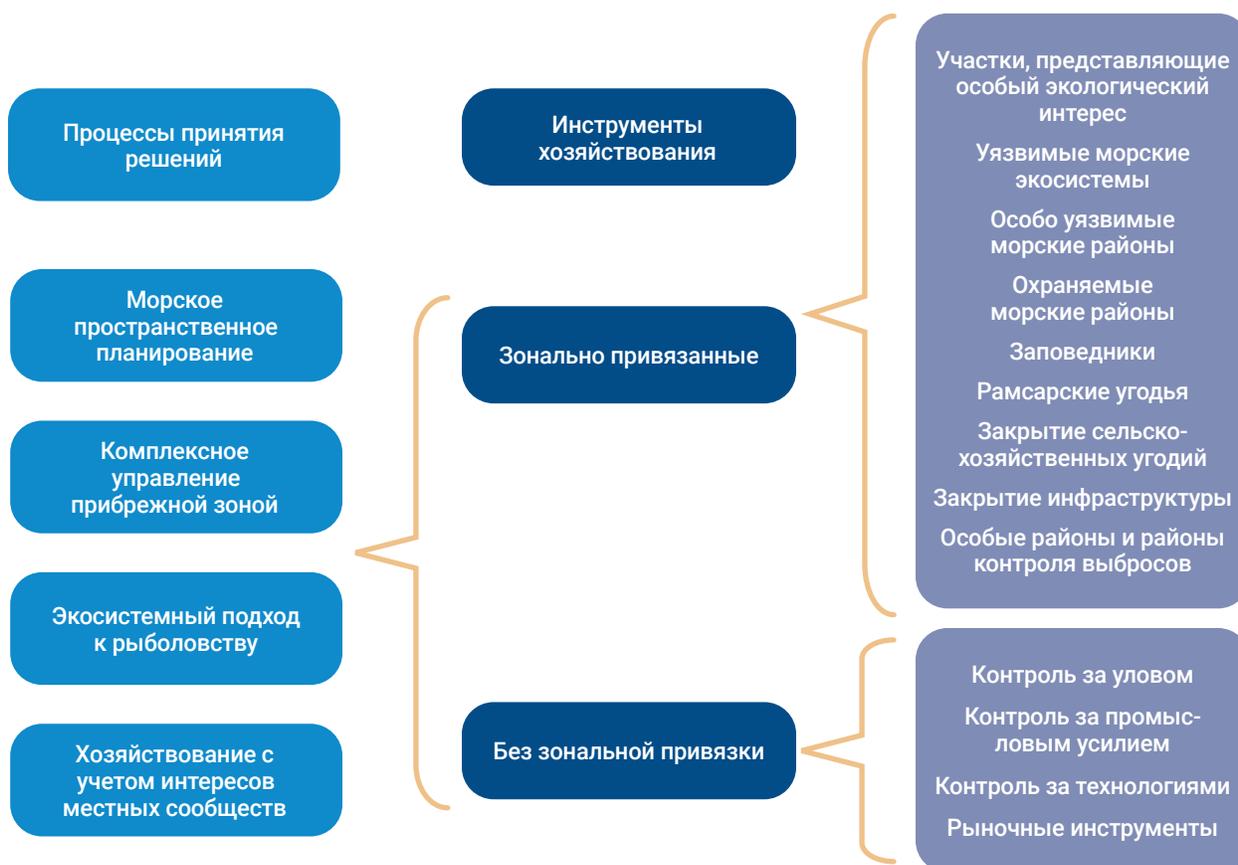
Принцип 12: К реализации экосистемного подхода должны быть привлечены все заинтересованные группы общества и научные дисциплины.

разработчики политики, руководители, ученые, специалисты по охране природы и экологи, относительно ведения экосистемно ориентированной рыбохозяйственной деятельности (Trochta and others, 2018). Поэтому необходимо установить рамки и критерии оценки экосистем (Harvey and others, 2017; Zador and others, 2017), в частности на основе продемонстрированного передового опыта. Для обеспечения успешного применения крайне важна также разработка методов активизации участия заинтересованных сторон (Oates and Dodds, 2017).

Как правило, хозяйствование осуществляется на двух различных уровнях управления: а) процессы принятия решений, которые обеспечивают основу для принятия решений и осуществления политики, направленной на сохранение и рациональное использование морских ресурсов, на

пример морского пространственного планирования, экосистемного подхода к рыболовству и комплексного управления прибрежной зоной, и б) инструменты хозяйствования (зонально привязанные и без зональной привязки), которые могут использоваться для управления человеческой деятельностью или ее регулирования в конкретных системах, такие как охраняемые морские районы и зонирование (Maestro and others, 2019), закрытие промыслов (Hall, 2002), особо уязвимые морские районы (Basiron and Kaur, 2009) и рыбохозяйственные инструменты (Pope, 2002) (см. также ниже, разд. 3). Были разработаны многочисленные подходы для содействия применению экосистемных подходов с помощью механизмов хозяйствования. На приведенном ниже рисунке отражена типология подходов к распоряжению океаном.

Иллюстративная типология подходов к распоряжению океаном



2.3. Хозяйствование с учетом интересов местных сообществ и культурно ориентированное хозяйствование

Одной из областей, в которых распоряжение океаном на основе экосистемных подходов продолжает развиваться, является то, каким образом оно способствует взаимодействию с местными сообществами и их культурой. В рамках «Оценки экосистем на пороге тысячелетия» культурные экосистемные услуги определены как нематериальные блага, которые люди получают от экосистем благодаря духовному обогащению, когнитивному развитию, рефлексии, отдыху и эстетическим переживаниям (Milcu and others, 2013; Díaz and others, 2018). Как уже отмечалось, принципы экосистемного подхода включают максимально возможную децентрализацию управления и привлечение всех за-

интересованных групп общества. Кроме того, в рамках подходов к хозяйствованию должно признаваться, что к культурным услугам, предоставляемым морской средой, относятся также конкретные ценности и блага, получаемые от объектов антропогенного происхождения, включая археологические и исторические объекты (например, затонувшие корабли и доисторические подводные объекты, известные как подводное культурное наследие). Такие объекты или места могут представлять различную ценность, в том числе иметь историческое и археологическое значение, священный характер (воинские захоронения или гробницы) или культурную значимость (мифы и фольклор). Они представляют собой блага, обеспечиваемые культурным воздействием на морскую экосистему. Вследствие этого растет признание того, что многие услуги морских экосистем имеют культурную и природную составляющие и воспринимаются при-

брежными сообществами целостно. Например, управление Национальным морским памятником Папаханаумоуакеа на Гавайских островах, Соединенные Штаты Америки, основано на исконном гавайском понимании океана как культурного морского ландшафта, где все природные ресурсы являются культурными ресурсами, связанными историями предков и сохраненными благодаря традиционной практике, в том числе в области навигации и плавания (Kikiloi and others, 2017). Несмотря на антропогенный фактор, в рамках подходов к хозяйствованию, учитывающих интересы местных сообществ, и культурно ориентированных подходов уважается неотъемлемая ценность природы как таковой.

Аналогичным образом признание ограниченности подходов к хозяйствованию, основанных на принципе «сверху вниз», и более глубокое понимание устоявшихся (традиционных и автохтонных) прав на прибрежную морскую среду, форм владения ею и видов ее использования способствовали широкому признанию сильных сторон и устойчивости хозяйственных подходов к охране морской среды с учетом интересов местных сообществ, или подходов, основанных на принципе «снизу вверх». При хозяйствовании с учетом интересов местных сообществ признаются руководящая роль, знания и практика местного населения в области мониторинга, оценки и регулирования использования морских ресурсов, в том числе с помощью совместных структур управления на основе широкого участия, возглавляемых представителями местного населения и органов власти или предполагающих их участие (Turner and Berkes, 2006). Многие такие схемы часто возникают на базе давно существующих местных институтов, таких как Китобойная комиссия эскимосов Аляски (Meek, 2013) и ее самоорганизованные ассоциации капитанов китобойных судов из числа коренного населения, которые в настоящее время вовлечены в процесс хозяйствования на нескольких уровнях (от местного до международного) и с учетом интересов местных сообществ. В Южном полушарии вопросами охраны дюгоней занимаются государственные и территориальные

учреждения и местные сообщества в Торресовом проливе между Австралией и Папуа — Новой Гвинеей через сеть зрителей из числа коренного населения и охотников Папуа (Miller and others, 2018). Такие системы совместного хозяйствования могут основываться на общем понимании экосистемного подхода, однако на местном уровне сообщества формируют подходы к хозяйствованию в соответствии со своими социальными и культурными ценностями и культурными благами, связанными с их традиционной практикой (Delisle and others, 2018). В качестве еще одного примера можно отметить, что сети управляемых на местном уровне морских районов в Тихом океане повышают сопротивляемость сообществ, поддерживая хозяйственную деятельность на уровне деревень и рациональное использование морских ресурсов (Govan, 2009; Veitayaki, 2003).

Признание важности услуг морских экосистем для прибрежных сообществ и культуры, несомненно, будет расти по мере того, как эти сообщества будут сталкиваться с проблемами, связанными с изменением климата, в частности с повышением уровня моря и как временным, так и постоянным затоплением прибрежных районов (Goodhead and Aygen, 2007; см. также гл. 9). Неотъемлемой частью рамок, регулирующих экосистемно ориентированное хозяйствование, все чаще становится культурная информация — как ради принятия хозяйственных решений в привязке к интересам местных сообществ, так и ради сбережения культурной грани морской среды. Такая информация может быть очень разнообразной и не иметь материальной составляющей; ею может становиться, например, информация о традиционном использовании морских ресурсов, о морских путях, о древних навигационных навыках, об отождествлении с морем, о морских легендах, ритуалах, верованиях и обычаях, об эстетических и вдохновляющих качествах, о культурном наследии и о местах, имеющих духовную, священную и религиозную значимость⁷. Это может означать, что включение таких культурных ценностей и практики в процесс планирования и хозяйствования сопря-

⁷ Ряд культурных обычаев, связанных с морем, был включен в Репрезентативный список нематериального культурного наследия человечества Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры. См. <https://ich.unesco.org/en/lists>.

жено с трудностями. Тем не менее культурная грань моря может быть интегрирована и картирована в качестве предвестника хозяйствования. При ее учете культура обладает потенциально мощной силой не просто как фактор,

который необходимо направлять и контролировать, но и как фундамент, на котором в контексте устойчивого развития могут быть выстроены экосистемные подходы, включающие в себя хозяйствование.

3. Совершенствование подходов к распоряжению океаном

Последнее десятилетие характеризуется распространением и расширением новых и существующих подходов к распоряжению океанами и морями. Это проявляется в регулировании человеческой деятельности в конкретных областях для достижения целей политики сохранения или распоряжения ресурсами. Хотя управлению тем или иным образом могут подвергаться все участки морской среды (например, рыболовство, туризм, добыча нефти и газа), оно часто представляет собой набор отдельных стратегий и законодательных мер, в результате чего подходы к защите оказываются разрозненными (Boyes and Elliott, 2014). В то время как процессы и инструменты хозяйствования, о которых говорится в настоящем разделе, как правило, имеют пространственное измерение, они имеют следующий набор общих характеристик:

- Масштаб: от глобального до регионального и местного масштаба
- Движущие факторы: из соображений сохранения природы или экономического развития
- Секторальные аспекты: один сектор, несколько секторов или межсекторально
- Меры по применению: жесткие меры (юридически обязательные) или мягкие меры (добровольные)
- Подходы к хозяйствованию, основанные на принципе «сверху вниз» или «снизу вверх»

В настоящей «Оценке» основное внимание уделяется подходам к хозяйствованию, которые направлены на изменение некоторых аспектов деятельности человека. Другие инструменты, такие как описание экологически или биологически значимых морских районов⁸ согласно Конвенции о биологическом разнообразии⁹, направлены не на изменение деятельно-

сти, а на предоставление информации, которая может играть определенную роль в процессах принятия решений. Вместе с тем их следует отличать от процессов принятия решений, таких как оценки рыбных запасов, комплексные оценки экосистем и стратегические экологические оценки, поскольку они носят исключительно научно-технический характер и не включают хозяйственные меры, хотя они могут способствовать принятию обоснованных политических и хозяйственных решений. То же самое относится и к другим инструментам, таким как важные районы морских млекопитающих.

3.1. Процессы принятия решений для целей хозяйствования

Процессы принятия решений используются для определения наиболее подходящих политических и хозяйственных целей компетентных органов, которым поручены разработка и реализация хозяйственных подходов или стратегий (см. таблицу 1). Правительства, промышленность, местное население и гражданское общество определяют результаты, которых они желают достичь (т. е. хозяйственные цели), и используют один из потенциальных подходов для определения того, каким образом и где можно достичь этих результатов. Описанные результаты охватывают различные аспекты устойчивого развития, включая экологические, экономические и социальные аспекты. Они могут быть глобальными, региональными, национальными, субнациональными или уровня сообществ. Общими примерами являются морское пространственное планирование, комплексные оценки экосистем, стратегические экологические оценки, экосистемный подход к рыболовству, экосистемно ориентированная рыбохозяйственная деятель-

⁸ См. www.cbd.int/ebsa.

⁹ United Nations, *Treaty Series*, vol. 1760, No. 30619.

ность, систематическое природоохранное планирование (McIntosh and others, 2017), распоряжение ресурсами с учетом интересов местных

сообществ (см. разд. 2.3), подходы, охватывающие всю цепочку «источник — море»¹⁰, и комплексное управление прибрежной зоной.

Таблица 1

Процессы принятия решений и связанные с ними характеристики, включая основные факторы, секторы, меры по применению, направление и масштаб

Пример на практике	Соответствующий орган	Процессы принятия решений														
		Основной фактор			Сектор		Меры		Направление		Пространственный масштаб					
		Экономический	Экологический	Социальное благополучие/ культура	Один сектор	Несколько секторов	Межсекторально	Юридически обязательные	Добровольные	Сверху вниз	Снизу вверх	Оба	Глобальный	Региональный	Национальный	Субнациональный
Морское пространственное планирование (зонирование, получение согласия, лицензирование и применение механизмов, определяемых политикой)	Компетентные национальные или местные органы	x	x	x	x	x	x				x		x	x	x	
Комплексное управление прибрежной зоной		x	x	x	x	x	x	x			x		x	x	x	
Систематическое природоохранное планирование			x		x	x		x		x					x	
Комплексная оценка экосистемы		x	x		x	x		x		x					x	
Экосистемный подход к рыболовству		x	x		x			x		x				x	x	x
Планы хозяйствования с учетом интересов местных сообществ		x	x	x	x	x		x	x		x					x
Стратегическая экологическая оценка		x	x	x	x	x		x		x				x	x	x

¹⁰ См. www.siwi.org/publications/implementing-the-source-to-sea-approach-a-guide-for-practitioners.

На региональном уровне примеры таких подходов можно найти в контексте Конвенции о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики¹¹, Конвенции по защите морской среды района Балтийского моря¹², Конвенции о защите морской среды и прибрежного региона Средиземного моря (Барселонской конвенции)¹³ и Конвенции о защите Черного моря от загрязнения. В конвенциях используется зонально привязанный подход к оценке состояния окружающей среды и деятельности по контролю, направленный на обеспечение хорошего экологического состояния морских активов. В организациях, учрежденных в соответствии с конвенциями, имеются рабочие группы, которые занимаются вопросами морского пространственного планирования, рыбохозяйственной деятельности и комплексного управления прибрежной зоной.

Концепция адаптивного хозяйствования или адаптивного распоряжения ресурсами является общей для всех перечисленных процессов принятия решений (Dunstan and others, 2016), однако то, какой процесс будет использоваться в действительности, часто определяется целями политики (см. также разд. 4). В рамках адаптивного хозяйствования хозяйственные меры или действия осуществляются последовательно с течением времени с учетом будущих условий и неопределенностей, связанных с реакцией соответствующего ресурса (Schultz and others, 2015). Природоохранные цели часто достигаются путем использования систематического природоохранного планирования и подходов с учетом интересов местных сообществ в целях оказания поддержки местным сообществам в устойчивом использовании и сохранении морских ресурсов (Berkes and others, 2000; Nguyen and others, 2016). В отличие от этого экосистемный подход к рыболовству направлен на обеспечение целостного подхода к ведению рыбохозяйственной деятельности и регулированию использования других живых морских ресурсов с учетом соответствующей человеческой деятельности и ее влияния

на экосистему в целях поддержания здоровья, продуктивности и сопротивляемости для того, чтобы обеспечить непрерывное получение экосистемных услуг и общественных благ и выгод (Cowan and others, 2012). Однако даже в случае более целостных процессов остаются вопросы, связанные с интеграцией нескольких секторов (Jones and others, 2016).

3.2. Зонально привязанные инструменты хозяйствования

Зонально привязанные инструменты хозяйствования обеспечивают подходам к хозяйствованию пространственный контекст, в котором, как правило, район по определению обладает отличительными характеристиками, требующими принятия мер, отличающихся от методов хозяйствования, применяемых в окружающих его морских районах. К примерам зонально привязанных инструментов хозяйствования, при помощи которых изменяются или регулируются определенные аспекты использования человеком морской среды, относятся охраняемые морские районы, особо уязвимые морские районы, участки, представляющие особый экологический интерес, объекты всемирного наследия, закрытие промыслов, закрытие инфраструктуры и определение согласно Конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, главным образом в качестве местобитаний водоплавающих птиц (Рамсарской конвенции)¹⁴. Применение этих инструментов во всем мире и использование терминологии весьма неоднородно, что отчасти обусловлено местными угрозами, рисками и уязвимостью, а также необходимостью повышения сопротивляемости (Fanini and others, 2020). Несмотря на такую неоднородность, общие цели по улучшению путей достижения устойчивости в целом совпадают, и некоторые из этих инструментов можно было бы использовать в качестве других эффективных природоохранных мер на порайонной основе¹⁵. В нижеследующих пунктах, хотя они и не являют-

¹¹ United Nations, *Treaty Series*, vol. 2354, No. 42279.

¹² *Ibid.*, vol. 2099, No. 36495.

¹³ *Ibid.*, vol. 1102, No. 16908.

¹⁴ *Ibid.*, vol. 996, No. 14583. См. также www.ramsar.org.

¹⁵ Определение и добровольные руководящие указания по другим эффективным природоохранным мерам на порайонной основе были утверждены Конференцией сторон Конвенции о биологическом разнообразии на ее четырнадцатой сессии. См. www.cbd.int/doc/decisions/cop-14/cop-14-dec-08-ru.pdf.

ся исчерпывающими, приводится ряд примеров используемых в настоящее время зонально привязанных инструментов хозяйствования.

Охраняемые морские районы обеспечивают конкретные механизмы защиты конкретных районов океана. Они были определены в качестве одного из инструментов, которые следует использовать для выполнения целевой задачи 11 Айтинских задач в области биоразнообразия¹⁶ и задачи 5 цели 14 в области устойчивого развития¹⁷. Показатели и глобальные задачи в отношении охраняемых морских районов, определенные согласно Конвенции о биологическом разнообразии, в настоящее время пересматриваются в рамках процесса переговоров по глобальной рамочной программе по сохранению биоразнообразия на период после 2020 года Конвенции. Эти районы могут быть самими разными, охватывая различные пространственные масштабы и обеспечивая различные уровни защиты морской среды. К примерам таких районов относятся район южного шельфа Южных Оркнейских островов площадью 94 000 км² (создан в 2009 году) и район в море Росса площадью 1,5 млн км² (создан в 2017 году), определенные Комиссией по сохранению морских живых ресурсов Антарктики¹⁸; сеть районов согласно Конвенции о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики с общей площадью поверхности 864 337 км²¹⁹; особо охраняемые районы, значимые для Средиземноморья, согласно Протоколу относительно особо охраняемых районов и био-

логического разнообразия в Средиземном море к Барселонской конвенции, включая заповедник Пелагос для морских млекопитающих, созданный трехсторонним соглашением между Италией, Монако и Францией в 2001 году²⁰, и сеть «Натура-2000» Европейского союза – крупнейшую скоординированную сеть охраняемых районов в мире, охватывающую морскую территорию 23 стран Европейского союза и насчитывавшую к концу 2018 года более 551 000 км²²¹. В последние годы число и размеры охраняемых морских районов стремительно увеличиваются, главным образом в соответствии с согласованными на международном уровне задачами в рамках Конвенции о биологическом разнообразии и Повестки дня на период до 2030 года, и они являются важным инструментом охраны морской среды (Humphreys and Clark, 2020). В настоящее время такие районы покрывают 18 процентов океанских акваторий, находящихся под национальной юрисдикцией, что составляет 8 процентов всей площади океана. Напротив, только 1 процент пространств, находящихся за пределами национальной юрисдикции, был включен в состав охраняемых районов (World Conservation Monitoring Centre and International Union for Conservation of Nature, 2019).

Что касается учета ценностей местного населения и коренных народов в зонально привязанном хозяйствовании, то примеры можно найти в охраняемых морских районах Канады в Арктике (включая Ангуниаквия никикьюам в заливе

¹⁶ См. Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде, документ UNEP/CBD/COP/10/27, приложение, решение X/2, целевая задача 11: «к 2020 году как минимум 17 процентов районов суши и внутренних вод и 10 процентов прибрежных и морских районов, и в частности районов, имеющих особо важное значение для сохранения биоразнообразия и обеспечения экосистемных услуг, сохраняются за счет эффективного и справедливого управления, существования экологически репрезентативных и хорошо связанных между собой систем охраняемых районов и применения других природоохранных мер на порайонной основе и включения их в более широкие ландшафты суши и морские ландшафты».

¹⁷ См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи, цель 14 в области устойчивого развития, задача 5: «к 2020 году охватить природоохранными мерами по крайней мере 10 процентов прибрежных и морских районов в соответствии с национальным законодательством и международным правом и на основе наилучшей имеющейся научной информации».

¹⁸ См. www.ccamlr.org/en/science/marine-protected-areas-mpas.

¹⁹ По состоянию на 1 октября 2018 года сеть охраняемых морских районов согласно Конвенции о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики состояла из 496 таких районов, в том числе 7 коллективно определенных в районах за пределами национальной юрисдикции. См. 2018 Status Report on the OSPAR Network of MPAs, Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, 2019. См. также <https://ospar.org>.

²⁰ См. www.rac-spa.org/spami.

²¹ См. www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/natura-2000-barometer.

Амундсена, Тариум Нирютаит в море Бофорта и Тувайджуиттук у северо-западного побережья острова Элсмир, Нунавут). Район Ангуниаквия никикьюам был первым охраняемым морским районом в Канаде, созданным с природоохранными целями, в основе которых лежали традиционные знания и знания коренных народов. Эти территории были определены как экологически важные районы, которые служат средой обитания для видов, имеющих культурное значение, и способствуют сохранению социальных и культурных ценностей²².

Другие примеры зонально привязанных инструментов хозяйствования предусмотрены согласно конвенциям, которые направлены на охрану конкретных районов, ценных с точки зрения разнообразия, местообитания или наследия. Например, в районах, определенных согласно Рамсарской конвенции, широкая цель заключается в том, чтобы остановить процесс утраты водно-болотных угодий во всем мире и сохранить оставшиеся угодья посредством рационального использования и управления. По состоянию на февраль 2019 года согласно Конвенции был определен 2341 участок, включающий 252,48 млн га водно-болотных угодий международного значения. Одним из недавно определенных участков является природный заповедник Курум в Омане, в котором, благодаря включению этого участка в список согласно Конвенции, посредством специального планирования и управления успешно охраняются 106,83 га прибрежных водно-болотных экосистем. Программы включают поощрение развития природного туризма и участие местного населения в активном управлении водно-болотными угодьями, что привело к повышению экономической ценности заповедника для местного населения²³.

Другие механизмы зонально привязанного хозяйствования включают создание морских охраняемых или закрытых зон для облегчения установки и эксплуатации инфраструктуры, такой как трубопроводы, морские ветряные электро-

станции и телекоммуникационные кабели. Доступ к этим районам ограничен главным образом из соображений здоровья и безопасности населения, однако косвенным результатом стала охрана морских местообитаний и биоразнообразия.

Зонально привязанные инструменты хозяйствования в конкретных секторах, таких как судоходство, охватывают 17 районов, определенных Международной морской организацией как особо уязвимые морские районы²⁴, включая Большой Барьерный риф, Торресов пролив, Флорида-Кис, Национальный морской памятник Папаханаумокуакеа, острова Галапагос, Ваттовое море и западноевропейские воды. К числу мер охраны этих районов относятся установление путей движения судов и запрет на якорную стоянку, обязательные требования к отчетности и строгое применение требований к разгрузке и оборудованию судов, таких как нефтяные танкеры, как это предусмотрено Международной конвенцией по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененной Протоколом 1978 года и Протоколом 1997 года²⁵. Четыре из этих районов (Большой Барьерный риф, Национальный морской памятник Папаханаумокуакеа, острова Галапагос и Ваттовое море) также охраняются как морские объекты всемирного наследия (см. ниже).

Региональный план экологического обустройства, принятый Международным органом по морскому дну для разломной зоны Клариион-Клиппертон в центрально-восточной части Тихого океана, предусматривал создание на основе рекомендаций экспертов первоначальной сети из девяти представляющих особый экологический интерес участков, в которых добыча не должна иметь место. Эти участки были призваны защитить биоразнообразие, а также структуру и функционирование экосистем вышеуказанной зоны от потенциального воздействия разработки морского дна (Jones and others, 2019; см. также гл. 18).

²² См. <https://cases.open.ubc.ca/the-cultural-and-conservation-significance-of-anguniaqvia-niqiyuam-marine-protected-area-mpa-north-west-territories-canada>.

²³ См. <https://rsis Ramsar.org/ris/2144>.

²⁴ См. www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/PSSAs.aspx.

²⁵ См. [www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx).

Охраняемые морские районы могут также использоваться в сочетании с рыбохозяйственными инструментами и заповедниками (бездобычными зонами, которые могут находиться в пределах таких районов). Зонально привязанными механизмами хозяйствования, направленными на улучшение популяции вида и восстановление биоразнообразия, являются заповедные зоны, сезонное и круглогодичное закрытие промыслов²⁶ и охранные зоны. Например, Международная китобойная комиссия создала два заповедника, в обоих из которых запрещен коммерческий китобойный промысел: Китовый заповедник Индийского океана, который был создан в 1979 году и охватывает всю акваторию Индийского океана вплоть до 55° южной широты, и Южноокеанский китовый заповедник, который был создан в 1994 году и охватывает воды вокруг Антарктиды²⁷.

Сезонное и круглогодичное закрытие промыслов способствует сохранению или восстановлению чрезмерно эксплуатируемых видов, сохранению средств к существованию местных сообществ, охране местообитаний и ключевых экологических процессов, таких как нерест, и предотвращению эксплуатации живых ресурсов в районах за пределами национальной юрисдикции до установления конкретных правил в качестве меры предосторожности. Примеры включают выявление уязвимых морских экосистем и закрытие определенных районов региональными рыбохозяйственными организациями или ассоциациями, зоны запрета на траление в Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии для защиты рыбных запасов

и местообитаний, динамичное закрытие определенных районов и сезонов для промысла в Австралии для управления выловом, связанным с мигрирующими видами, и закрытие арктических вод для коммерческого рыболовства в соответствии с Соглашением о предотвращении нерегулируемого промысла в открытом море в центральной части Северного Ледовитого океана до проведения научной оценки устойчивости такого рыболовства.

Зонально привязанное хозяйствование используется также для охраны морских объектов, имеющих большое значение в силу их культурной ценности или того, как морской ландшафт сочетает в себе культурные и природные особенности. Международным примером служат объекты всемирного наследия согласно Конвенции Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) об охране всемирного культурного и природного наследия 1972 года (UNESCO, 1972). С момента внесения первого морского объекта в Список всемирного наследия ЮНЕСКО в 1981 году 50 морских объектов в 37 странах были признаны за их уникальное морское биоразнообразие, экосистемы, геологические процессы или необычайную красоту²⁸. Самым крупным из них являются Французские Южные территории и моря, включенные в Список в 2019 году, площадью 67 296 900 га, за которыми следует охраняемая территория островов Феникс в Кирибати площадью 408 250 км², внесенная в Список в 2010 году²⁹. Четыре объекта (Национальный морской памятник Папаханау-мокуакеа на Гавайских островах, Соединенные

²⁶ См., например, регламент № 2019/1022 Европейского союза о принятии многолетнего плана в отношении промысла донных запасов в Западном Средиземноморье, который предусматривает, в частности, закрытие районов на три месяца для защиты молоди рыб; пространственные и временные рамки определяются при этом каждым государством-членом. См. www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2019/06/06/first-ever-multi-annual-management-plan-for-fisheries-in-the-western-mediterranean-becomes-reality.

²⁷ См. www.iwc.int/sanctuaries.

²⁸ См. whc.unesco.org/en/marine-programme.

²⁹ Кроме того, число морских объектов всемирного наследия со статусом «под угрозой» было сокращено с трех до двух. Объект «Резерваты Барьерного Рифа Белиза» был исключен из Списка всемирного наследия, находящегося под угрозой, в 2018 году благодаря эффективному осуществлению национальной политики, предусматривающей конкретные меры: принятие положений о лесах (защита мангровых зарослей), мораторий на разведку нефти и другие операции с нефтью во всех морских зонах Белиза, а также дальнейший пересмотр и корректировку контрольного перечня для оценки экологического воздействия и соответствующий текущий пересмотр правил оценки.

Штаты, Сент-Килда в Шотландии, Соединенное Королевство, Ивиса в Испании и Скалистые острова Южной Лагуны в Палау) признаны на международном уровне за их смешанную культурную и природную выдающуюся универсальную ценность. Что касается национального уровня, то все национальные морские заповедники в Соединенных Штатах включают защиту исторических, археологических и культурных ресурсов в рамках всей системы заповедников, и существует несколько заповедников, определенных именно за находящиеся в них старые затонувшие корабли (например, заповедник Тандер-Бей, заповедник Монитор и заповедник Мэллоу-Бэй)³⁰. В Шотландии была разработана концепция охраняемого морского района с целью обозначения районов вокруг значимых исторических мест кораблекруше-

ний (Historic Environment Scotland, 2019). Аналогичным образом во многих национальных законах о наследии предусмотрено определение зон охраны вокруг подводных археологических и исторических объектов, включая такие меры, как запрет на рыболовство, якорную стоянку и подводное плавание с аквалангом без специального разрешения (например, закон Греции № 3028/2002 «Защита памятников древности и культурного наследия в целом»). Наконец, следует особо отметить признание места кораблекрушения королевского почтового парохода «Титаник» международным морским мемориалом согласно законодательству Соединенных Штатов и международному соглашению между Соединенным Королевством и Соединенными Штатами, вступившему в силу в 2019 году³¹.

³⁰ См. <https://sanctuaries.noaa.gov>.

³¹ См. www.gc.noaa.gov/gcil_titanic.html. See also the International Maritime Organization circular (MEPC.1/Circ.779, dated 31 January 2012) on poll. См. также циркуляр Международной морской организации (MEPC.1/Circ.779 от 31 января 2012 года) о мерах по предотвращению загрязнения в районе, окружающем обломки королевского почтового парохода «Титаник». С 2012 года это место кораблекрушения находится под охраной в соответствии с Конвенцией об охране подводного культурного наследия 2001 года (United Nations, Treaty Series, vol. 2562, No. 45694), которая применяется ко всем имеющим культурный, исторический или археологический характер следам человеческого существования, которые находятся под водой на протяжении не менее 100 лет. См. www.unesco.org/new/ru/culture/themes/underwater-cultural-heritage/the-heritage/did-you-know/titanic/.

Таблица 2

Зонально привязанные инструменты хозяйствования и связанные с ними характеристики, включая основные факторы, секторы, меры по применению, направление и масштаб

Зонально привязанные инструменты		Процессы принятия решений														
		Основной фактор			Сектор			Направление			Пространственный масштаб					
Соответствующий орган		Экономический	Экологический	Социальное благополучие/ культура	Один	Несколько секторов	Межсекторально	Юридически обязательные	Добровольные	Сверху вниз	Снизу вверх	Оба	Глобальный	Региональный	Национальный	Субнациональный
Пример на практике																
Участки, представляющие особый экологический интерес	Международный орган по морскому дну	x	x		x			x		x			x			
Уязвимые морские экосистемы	Региональные рыбохозяйственные организации или ассоциации либо компетентные национальные органы		x		x			x		x				x		
Особо уязвимые морские районы и районы, которых следует избегать	Международная морская организация	x	x		x			x		x			x			
Закрытие промыслов и зоны ограниченного промысла	Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, региональные рыбохозяйственные организации или ассоциации, Европейский союз или компетентные национальные органы		x		x			x		x				x	x	x
Китовые заповедники	Международная китобойная комиссия		x		x			x		x			x			
Закрытие инфраструктуры: трубопроводов (например, нефтепроводов, газопроводов, канализации, подвода пресной воды) и кабелей (например, телекоммуникаций, сетей)	Международная морская организация или компетентные национальные органы	x			x			x		x					x	

Национальные морские охраняемые зоны и приоритетные районы охраны	Компетентные национальные органы	x		x		x		x			x	x	
Закрытие аквакультуры	Компетентные национальные органы	x	x		x		x		x			x	x
Объекты всемирного наследия, включая объекты, признанные за их смешанную культурную и природную выдающуюся универсальную ценность.	Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры		x	x		x		x		x			x
Охраняемые морские районы	Айтинские задачи в области биоразнообразия, конвенции по региональным морям или компетентные национальные органы		x			x		x		x		x	x
Зоны охраны вокруг археологических и исторических объектов	Компетентные национальные органы					x		x		x			x
Участки, включенные в список согласно Конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, главным образом в качестве местобитаний водоплавающих птиц (Рамсарской конвенции)	Рамсарская конвенция		x			x		x		x		x	x
Заповедники для конкретных видов (например, акул или дюгоней)	Компетентные национальные органы		x			x		x		x		x	x
Совмещение (например, океанская энергетика или аквакультура)	Компетентные национальные органы	x	x			x		x		x			x
Особые районы и районы контроля выбросов	Международная морская организация		x			x		x		x		x	x
Закрытие определенных районов с учетом интересов местных сообществ	Местные органы или сообщества		x	x		x	x		x		x		x
Традиционные подходы к хозяйствованию, включая программы с участием зрителей из числа коренного населения	Руководство или орган сообщества или компетентные национальные или местные органы	x	x	x		x	x		x		x		x

3.3. Инструменты хозяйствования без зональной привязки

Распоряжение океаном не ограничивается зонально привязанными подходами, хотя, как это ни парадоксально, все хозяйственные меры применяются в пространственно ограниченных районах, даже если их применение требуется или санкционируется в более крупных масштабах. Многие виды деятельности регулируются при помощи ряда других мер, таких как регулирование химических веществ и случаев загрязнения, управление трансграничными мигрирующими видами и применение технических мер в рыбохозяйственной деятельности (см. гл. 15).

Инструменты без зональной привязки носят в первую очередь секторальный характер и регу-

лируют деятельность конкретного сектора для достижения конкретного результата. Например, глобальный контроль выбросов применяется к международным торговым судам (глобальное ограничение на содержание серы)³², в то время как улов в рамках промысла может регулироваться путем ограничений на улов и ограничений на промысловое усилие (в частности, при помощи систем квот, ограничений на крючковые орудия добычи и ограничений по объему). Кроме того, технологические меры могут применяться в рыбохозяйственной деятельности для предотвращения вылова непромысловых видов (например, устройства предотвращения попадания черепах в трал), а рыночные подходы (например, системы аккредитации, неистощительная добыча морепродуктов или экомаркировка) могут

Таблица 3

Инструменты хозяйствования без зональной привязки и связанные с ними характеристики, включая основные факторы, секторы, меры по применению, направление и масштаб

Инструменты хозяйствования без зональной привязки		Процессы принятия решений														
Пример на практике	Соответствующий орган	Основной фактор			Сектор	Меры	Направление			Пространственный масштаб						
		Экономический	Экологический	Социальное благополучие/ культура	Один	Несколько секторов	Межсекторально	Юридически обязательные	Добровольные	Сверху вниз	Снизу вверх	Оба	Глобальный	Региональный	Национальный	Субнациональный
Контроль за уловом и промысловым усилием	Региональные компетентные органы	x	x		x			x						x	x	x
Контроль за технологиями		x	x		x			x						x	x	x
Рыночные инструменты	Национальные компетентные органы	x	x		x			x	x		x			x	x	x
Механизмы охраны подводного культурного наследия			x	x		x			x		x				x	x

³² См. www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx.

применяться в отношении всего промысла на глобальном, региональном, национальном или субнациональном уровне.

Инструменты без зональной привязки широко используются также в национальном законодательстве для управления морским культурным наследием; одним из примером является требование сообщать об открытиях и получать лицензию до осуществления любой деятельности, связанной с раскопками, извлечением или нарушением целостности объектов подводного культурного наследия.

Что касается международного уровня, то Конвенцией Организации Объединенных Наций по морскому праву устанавливаются юрисдикционные рамки в отношении обязанности охранять археологические и исторические объекты в море (см. ст. 303 Конвенции; Strati, 1995). В Кон-

венции об охране подводного культурного наследия 2001 года эта обязанность поясняется при помощи конкретных прав и обязанностей в различных морских зонах, определенных в соответствии с Конвенцией Организации Объединенных Наций по морскому праву; в частности, предусматривается система предоставления информации и уведомлений и консультаций в целях охраны подводного культурного наследия в исключительной экономической зоне и на континентальном шельфе, а также в Районе. Кроме того, в содержащихся в приложении к Конвенции правилах, касающихся деятельности, направленной на подводное культурное наследие, содержатся общие принципы охраны наряду с техническими правилами, такими как нормы в области охраны и регулирования.

4. Инструменты хозяйствования в поддержку смягчения последствий изменения климата и адаптации к ним, включая повышение устойчивости

При применении экосистемного подхода в процессе принятия решений необходимо также учитывать знания о воздействии климата, а также о мерах по смягчению последствий и адаптации. В этой связи определение способов адаптации, которые могут быть использованы для повышения устойчивости к изменению климата, имеет большое значение для определения того, какие процессы и инструменты хозяйствования могут объединить в себе учет неопределенности и непредсказуемости экологических последствий и ответные меры в различных пространственно-временных масштабах (Holsman and others, 2019; Wise and others, 2014). Выбор различных адаптивных мер, которые могут приниматься для достижения большей устойчивости, может сильно варьироваться и зависит от процессов принятия решений, которыми они обоснованы. В качестве примера можно привести экосистем-

ные подходы к снижению риска бедствий, которые способствуют адаптивности комплексного управления прибрежной зоной и управления охраняемыми районами, в частности в случае уязвимых сообществ и стран (Ferrario and others, 2014; Satta and others, 2017). В рамках альтернативных стратегий могут применяться меры по смягчению последствий и компенсации³³, такие как инициатива по «голубому углероду». Эффективные подходы к смягчению последствий должны также способствовать укреплению связей с такими областями, как финансирование мер по адаптации, передача технологий и формирование потенциала, в то время как при адаптивном реагировании должны учитываться экологические, социальные и экономические аспекты в целях определения эффективных механизмов, которые обеспечивают соблюдение

³³ При этом соблюдается определенная иерархия хозяйственных мер: превентивные меры (например, предотвращение попадания загрязняющих веществ в море), меры по смягчению последствий (например, снижение прямых воздействий) и компенсация [например, компенсации пользователю (в частности, рыбакам за потерю улова), ресурсу (в частности, пополнение запасов рыбы или посадка мангровых зарослей) или местообитанию (создание новых местообитаний, чтобы компенсировать утрату в результате строительства инфраструктуры)] (Elliott and others, 2016).

баланса между потребностями и максимальную выгоду для всех.

Создание по всему миру сетей охраняемых морских районов способствует смягчению последствий изменения климата и адаптации к ним (Dudley and others, 2010; Roberts and others, 2017) путем повышения стойкости экосистем. Благодаря повышению стойкости экосистемы обладают большей способностью справляться с потрясениями и восстанавливаться после неблагоприятных обстоятельств, сохраняя таким образом экосистемные функции и продолжая предоставлять услуги, необходимые для благополучия человека (Chong, 2014).

При хозяйствовании с учетом устойчивости (наряду с зонально привязанными инструментами хозяйствования) используются знания о текущих и будущих факторах, влияющих на функционирование экосистем (например, вспышки заболеваний кораллов и изменения в землепользовании, торговле или промысловой практике), для установления приоритетности, применения и адаптации хозяйственных мер, способствующих благополучию экосистем и человека (McLeod and others, 2019). Для обеспечения сохранения стойкости экосистем руководители должны снижать местные нагрузки (например, загрязнение и чрезмерную промысловую нагрузку), одновременно стимулируя ключевые процессы, способствующие стойкости (например, восстановление, воспроизводство, прирост и взаимосвязанность) (Anthony and others, 2015; Graham and others, 2013). Это требует управления причинами и последствиями эндогенных (локальных) нагрузок и реагирования на последствия экзогенных (глобальных) нагрузок с учетом того, что реагирование на причины последних требует глобальных действий (Elliott, 2011). Например, сети охраняемых морских районов могут быть спроектированы таким образом, чтобы обеспечивалась сопротивляемость к изменению климата посредством поддержания разнообразия и избыточности видов, местообитаний и функциональных групп, а также путей достижения

взаимосвязанности и снижения нагрузок и за счет включения адаптационных процессов для учета факторов неопределенности и изменений (McLeod and others, 2019). Устойчивость кораллов и связанная с ней способность к восстановлению после вспышек обесцвечивания во всей сети охраняемых морских районов на Гавайских островах поддерживается с помощью активных хозяйственных мер в отношении растительноядных рыб, направленных на поддержание и увеличение их биомассы, изобилия и функционального разнообразия (Chung and others, 2019).

Наряду с сетями охраняемых морских районов существует целый ряд различных мер адаптации, которые могут приниматься на уровне обществ и институтов. Они включают такие инструменты, как межсекторальная координация, гибкие рыболовные лицензии, сезонные права, трансграничное управление и укрепление институционального сотрудничества, которые могут применяться в сочетании с диверсификацией рынков и источников средств к существованию и инструментами повышения устойчивости, такими как обеспечение готовности к чрезвычайным ситуациям, системы раннего оповещения, денежные переводы и планы восстановления после бедствий (Poulain and others, 2018). При применении конкретных инструментов хозяйствования следует также рассматривать возможность компромисса, поскольку эти инструменты могут вызывать противоположные эффекты в различных секторах или странах. В Арктике, например, трансграничное сотрудничество способствует привлечению новых участников и развитию новых секторов, таких как полярный туризм, но также несет новые риски, такие как судоходство и разведка и добыча полезных ископаемых. В Средиземноморье для принятия региональных мер адаптации в целях учета совершенно разных местных потребностей и адаптационного потенциала африканских и европейских стран необходимо трансконтинентальное сотрудничество (между Африкой и Европой) (Karmaoui, 2018; Hidalgo and others, 2018).

5. Основные вопросы, касающиеся конкретных регионов

Применение экосистемного подхода при помощи процессов принятия решений и инструментов

хозяйствования в морской среде продвигается в разных регионах разными темпами. Регио-

ны с более высоким уровнем квалификации и большими финансовыми возможностями и ресурсами добились в применении экосистемного подхода значительного прогресса. Например, быстрые экологические изменения в Северном Ледовитом океане, вызванные крупномасштабным потеплением, потребовали от Арктического совета смещения акцента с мягкой политики научных оценок на юридически обязательные соглашения, заключаемые странами-членами. Эти соглашения стали необходимыми также в результате расширения возможностей промышленного использования Северного Ледовитого океана и связанных с этим рисков, включая судоходство, арктический туризм, привнесение чужеродных видов и добычу полезных ископаемых на континентальном шельфе арктических прибрежных государств. Такие быстрые изменения побудили страны скорректировать свою политику в целях более эффективного реагирования на быстро возникающие социальные, экономические и экологические проблемы, связанные с изменением климата. Канада, например, внесла в 2019 году поправку в свой Закон об океанах, с тем чтобы иметь возможность применять принципы предосторожности и обеспечивать временную охрану того или иного района на срок до пяти лет на основании министерского приказа, согласно которому воздействие человека на среду обитания «замораживается», что означает, что никакая новая или дополнительная человеческая деятельность в этом районе в течение срока действия приказа не разрешается. В 2019 году был создан охраняемый морской район Тувайджуиттук (первый район, созданный на основании министерского приказа) для защиты древнейшего и наиболее толстого морского льда в Северном Ледовитом океане как важного летнего местообитания видов, поскольку ледяной покров в Арктике продолжает сокращаться.

В регионах с более ограниченными возможностями применять экосистемный подход сложнее. Многие морские и прибрежные районы в таких регионах сталкиваются с последствиями десятилетий, если не столетий, ухудшения состояния окружающей среды в результате отсутствия хозяйственной практики или контроля, а также вследствие того, что восстановительные

подходы применяются лишь в качестве ответной меры. В Южной Америке (Gianelli and others, 2018; Reis and D’Incao, 2000) применение экосистемных подходов к рыбохозяйственной деятельности было сопряжено с трудностями, в том числе в виде нехватки как институционального, так и научного потенциала, вследствие чего успех был достигнут лишь в районах с благоприятными условиями. Аналогичные проблемы с потенциалом можно наблюдать и в случае управления охраняемыми морскими районами (Gerhardinger and others, 2011), хотя взаимодействие с местными носителями знаний привело к улучшению результатов (Gerhardinger and others, 2009).

Значительная часть недавнего увеличения площади охраняемых морских районов приходится на небольшое число стран, создавших крупные охраняемые морские районы. Хотя данные отражают прогресс в деле сохранения биоразнообразия и морских ресурсов, под охраной по-прежнему находятся в основном воды под национальной юрисдикцией стран, обладающих потенциалом и возможностями для определения и создания сетей охраняемых морских районов. Вместе с тем определение охраняемого морского района необязательно отражает активные хозяйственные и охранные меры, поскольку во многих из них отсутствуют надлежащие планы хозяйствования и соответствующие принудительные меры (World Conservation Monitoring Centre and International Union for Conservation of Nature, 2019; Maestro and others, 2019). Кроме того, неравномерное географическое распределение этих районов ограничивает их эффективность, соединенность, взаимосвязанность и репрезентативность.

Наконец, изменение климата становится одним из основных факторов приоритизации восстановительных подходов во многих частях мира, включая восстановление мангровых лесов в Индонезии и в ряде малых островных развивающихся государств Тихого океана, которые должны способствовать защите местного населения от затопления прибрежных районов (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016) и повышению устойчивости к будущим изменениям, а также восстановление частей Большого Барьерного рифа в Австралии после многочисленных вспышек обесцвечивания (Reef Restoration

and Adaptation Program Consortium, 2018). В ходе восстановления коралловых рифов в Карибском бассейне и устричных рифов во всем мире для устранения ущерба местного масштаба использовались мелкомасштабные методы, такие как микрофрагментация (Gilby and others, 2018). Однако такие подходы нередко все еще ограничены по своим масштабам. К числу других примеров адаптации к изменению климата и уменьшения опасности бедствий относятся меры, принятые Гренадой, Колумбией и Эквадором в целях восстановления мангровых зарослей и защиты

прибрежных районов, Соединенным Королевством — в целях корректировки береговой линии, Мексикой — в целях обеспечения устойчивого рыболовства и восстановления мангровых зарослей и Вануату — в целях восстановления коралловых рифов (Secretariat of the Convention of Biological Diversity, 2019). Предстоящее Десятилетие Организации Объединенных Наций по восстановлению экосистем (2021–2030 годы)³⁴ призвано способствовать ускорению этой тенденции (Waltham and others, 2020).

6. Формирование потенциала

Для применения большинства хозяйственных подходов требуется информация, охватывающая и естественные, и общественные науки. Во многих регионах, особенно в развивающихся странах, ученые и практики просто не имеют достаточной подготовки для внедрения существующих или новых хозяйственных подходов, в частности тех, которые связаны с экосистемным подходом. Повышение потенциала не только в плане понимания хозяйственных подходов, но и в плане наличия инструментов для их внедрения поможет правительствам и другим заинтересованным сторонам уяснить, какой у них есть набор вариантов для хозяйствования в морских районах в пределах их юрисдикции и распоряжения ими. Таким образом, в этой области существует ряд основных требований, касающихся формирования потенциала и передачи технологий. Во-первых, требуются подготовка и специальные знания в области хозяйствования в морских районах и распоряжения ими в увязке с соответствующими научными данными, включая подготовку по вопросам факторов, определяющих выбор политики, а также актуальности науки для разработки политики и последствий научных открытий для политики, то есть того, каким образом актуальные научные данные могут быть использованы при разработке политики и какие изменения или корректировки необходимо вносить в политику по мере поступления новой научной информации. Во-вторых, существуют широкие возможности для обучения внутри

стран и регионов и между ними (т. е. для передачи знаний и технологии), особенно с учетом того, что некоторые подходы хорошо зарекомендовали себя в определенных условиях, как, например, программы морского пространственного планирования в рамках Конвенции об охране, регулировании и освоении морской и прибрежной среды западной части Индийского океана. В этой связи необходимо повышать потенциал трансграничного сотрудничества, одним из основных элементов которого является научно обоснованная хозяйственная деятельность. В-третьих, существуют также широкие возможности для обучения по самым разным вопросам различных видов политики, включая то, каким образом разрабатывалась политика, особенно для новых специалистов-практиков, а также для непрерывного повышения профессиональной квалификации более опытных специалистов.

Странам, которые начинают применять хозяйственные подходы, в первую очередь необходимы знание основных этапов осуществления процесса планирования и разработки политики в области хозяйствования в морских районах, а также количественные показатели для измерения и отслеживания эффективности хозяйственных мер. Большое значение в этой связи имеет также понимание учеными и другими заинтересованными сторонами (включая общественность) вопросов разработки политики и регулирования поведения общественности, включая связанные с этим экономические аспекты. Для

³⁴ См. резолюцию 73/284 Генеральной Ассамблеи.

достижения этих целей необходимы как формальный, так и неформальный подход к образованию. Кроме того, следует поощрять передачу знаний о процессах и инструментах принятия решений между секторами, чтобы обеспечить возможность целостного применения экосистемного подхода во всех морских секторах.

Гилл и др. (Gill and others, 2017) указали, что главной предпосылкой достижения результатов в области охраны природы является кадровый и бюджетный потенциал. Согласно их исследованию, в охраняемых морских районах с достаточным кадровым потенциалом наблюдались экологические выгоды, в 2,9 раза превышающие экологические выгоды в районах с недостаточным кадровым потенциалом. Следовательно,

создание таких районов без достаточных инвестиций приведет к субоптимальным результатам в области охраны природы. Ограниченность ресурсов в некоторых случаях может повысить потребность в гражданских научных программах, которые могут служить дополнением или обеспечивать поддержку в случае наличия ограничений в области мониторинга (например, в Соединенном Королевстве — в программах мониторинга береговой биоты, мониторинга и уборки пляжного мусора, а также в организациях «Риф чек фаундейшн», «Мэнгроувотч» и «Мантa траст») в их глобальных программах (см. также ниже, разд. 7.1). Эти методы могут использоваться во всем мире в качестве передовой практики для получения большей выгоды.

7. Пробелы и перспективы на будущее

7.1. Данные и информация, необходимые для хозяйствования

Применение подходов, процессов и инструментов хозяйствования в морских районах часто осложняется отсутствием надлежащего количества качественных данных (Vorja and others, 2017). Предоставлению информации в таких ситуациях способствуют последние достижения в области использования методов на основе больших данных, новаторские подходы к использованию данных и информации в политических подходах и увязка баз данных. Однако понимание экологических причин и следствий в сопоставлении с социально-экономическими приоритетами, нашедшее отражение в опыте моделирования и системах научной поддержки принятия решений (с учетом сложности прибрежных и морских систем), по-прежнему ограничено во многих регионах. Следует поощрять обмен знаниями (например, Информационную систему по океаническому биоразнообразию) и открытый доступ к информации и потокам данных, в частности между секторами, чтобы обеспечить всеобщий доступ к собранным данным (например, по принципу однократного сбора и многократного использования). Укрепление сотрудничества и взаимосвязанности программ мониторинга будет способствовать не только совместному ис-

пользованию потенциала различных секторов и учреждений, но и обеспечению более эффективных подходов к мониторингу и предоставлению данных и информации. Данные гражданской науки все чаще становятся важным источником данных мониторинга, когда они проверяются и принимаются научным сообществом (Bennett, 2019) для предоставления ключевой информации о состоянии окружающей среды и соответствующих тенденциях (например, Edgar and Stuart-Smith, 2014).

Трудности, которые еще предстоит преодолеть, включают сбор данных для хозяйствования в морских районах эффективным с точки зрения затрат образом. Все большее значение для охраны морских районов и хозяйствования в них будет приобретать роль технологий, особенно сбор и использование данных дистанционного зондирования и спутников. В отраслевом и пространственном хозяйствовании, например, данные автоматических систем опознавания и систем мониторинга судов используются для регулирования судоходства и промысловой деятельности, в частности для картирования. Новые аналитические подходы, такие как машинное обучение, все чаще применяются для выявления незаконной деятельности в этих секторах (Long  r   and others, 2018) и для контроля за выловом рыбы (Lee and others, 2008).

7.2. Требования хозяйствования

Для хозяйствования в морских районах требуются наиболее достоверные научные данные для сохранения и защиты природной системы, а также для получения выгоды частным сектором и обществом. Необходимы дополнительные исследования по вопросам, в частности, экологической адаптации и сопротивляемости и прогнозирования траекторий реагирования экосистем. Эти переменные должны быть встроены в хозяйственные подходы, охватывающие масштабы как воздействия, так и реакции морских экосистем, что подразумевает необходимость более широкого признания вмешательства человека в морскую среду, измеряемого в сравнении с исходными уровнями, и использования пороговых значений и целевых показателей в отношении неприемлемых изменений. Однако это серьезная проблема, и зачастую либо не существует исходных уровней, либо в связи с изменением климата исходные уровни изменяются. Необходимо также создать более эффективные взаимосвязанные программы мониторинга в различных учреждениях. Серьезную проблему в этом отношении представляют районы за пределами национальной юрисдикции, особенно в экосистемах морского глубоководья, которые плохо изучены.

Подходы к хозяйствованию опираются на подробные механизмы управления, такие как стратегии, политика, администрация и законодательство. Улучшение взаимодействия между наукой и политикой путем укрепления потенциала является необходимым и особенно важным там, где быстро расширяется и формируется база знаний, необходимых для принятия обоснованных решений. В этой связи необходимо усиливать координацию общественных наук с науками естественными, действий ученых с действиями разработчиков политики и научной деятельности с гражданским обществом, охватывая при этом и промышленность, а также включать традиционные знания, культуру и социальную историю в процесс хозяйствования. Такое межсекторальное понимание важно для того, чтобы хозяйствование было действительно целостным.

7.3. Учет множественных ценностей в процессе хозяйствования

Как видно из настоящей главы, в подходах к хозяйствованию прослеживается явная тенденция перехода от сосредоточения внимания преимущественно на экологических аспектах к учету разнообразных связей между экологическими и социальными, экономическими и культурными аспектами морской среды. Процесс хозяйствования мог бы лучше способствовать достижению основной цели защиты и сохранения природных систем, если бы в ходе него признавался также широкий спектр экосистемных услуг и благ, получаемых от океанов. Защита и сохранение морской среды зависит от привлечения тех, чья жизнь или работа связана с морем и кто пользуется его благами, для решения проблем, связанных с пагубным поведением, восстановления случайно поврежденных систем и смягчения последствий изменения климата.

Вместе с тем ценность, которую люди придают морской среде и ее услугам, имеет не только количественные, но качественные отличия. Сложность в случае большинства хозяйственных систем заключается в необходимости учета множества ценностей, в отношении которых невозможно приравнять друг к другу или согласовать реальные или предполагаемые выгоды. Понимание и учет множественных ценностей лучше всего достигаются путем взаимодействия с затрагиваемыми сообществами в рамках подхода к хозяйствованию, в результате чего возникает необходимость сочетать экосистемно ориентированное хозяйствование с хозяйственными решениями, которые привязаны к интересам этих сообществ и настраивают на чуткое отношение к культурным граням моря. Такие смешанные системы в большей степени способны гармонично сочетать в себе все три компонента устойчивого развития (экологический, экономический и социальный) и как таковые, скорее всего, будут более успешными.

8. Перспективы

Хотя в настоящей главе определено множество подходов к управлению морской средой, еще многое можно сделать для улучшения и ускорения прогресса, в том числе в отношении успешной интеграции целей в области устойчивого развития, особенно цели 14, в хозяйственные задачи и программы. Существует также необходимость усиления интеграции мер по регулированию антропогенных нагрузок, которым в настоящее время не уделяется основное внимание в рамках хозяйственных мер, таких как антропогенный шум.

Для осуществления Повестки дня на период до 2030 года требуется хозяйствование на основе экосистемного подхода в целях достижения комплекса глобальных приоритетов и задач, предусмотренных целями в области устойчивого развития. Это позволит обеспечить интеграцию взаимодействия, выгод и компромиссов между этими целями и будет способствовать выполнению каждой из задач, связанных с океаном. В целом достигнутый к настоящему времени прогресс, несмотря на принимаемые меры для достижения цели 14, является недостаточным. Необходимо в срочном порядке ускорить процесс, в частности в отношении задач цели 14, которые должны быть выполнены в 2020 году, в том числе задач 14.2, 14.4, 14.5 и 14.6. Хотя в цели 14 не содержится прямых ссылок на морские культурные аспекты, в итоговом документе Конференции Организации Объединенных Наций по содействию достижению цели 14 в области устойчивого развития, озаглавленном «Наш океан — наше будущее: призыв к действиям», указывается на необходимость разработки всеобъемлющих стратегий по повышению осведомленности о природном и культурном значении Мирового океана³⁵. Аналогичным образом в Программе действий по ускоренному развитию малых островных развивающихся государств («Путь Самоа») признается культурная связь

жителей малых островных развивающихся государств с океаном и важность традиционных знаний для устойчивого развития основанной на океанах экономики³⁶.

Мероприятия в рамках Десятилетия Организации Объединенных Наций, посвященного науке об океане в интересах устойчивого развития (2021–2030 годы)³⁷, и проводимого одновременно с ним Десятилетия Организации Объединенных Наций по восстановлению экосистем будут способствовать достижению цели 14 и обеспечат многие необходимые источники данных для применения процессов и инструментов хозяйствования, а также повысят уровень знаний о Мировом океане³⁸. Эти инициативы могут способствовать продвижению инструментов, необходимых для принятия решений в настоящее время и в будущем, улучшению общего понимания вопросов и решений, связанных с распоряжением океаном, и расширению участия общественности в принятии решений и их практическом применении. Включение вопроса охраны подводного культурного наследия в Десятилетие Организации Объединенных Наций, посвященное науке об океане в интересах устойчивого развития³⁹, также актуально для поддержки материальных и нематериальных ресурсов и культурных благ, обеспечиваемых океанами (UNESCO, 2019; Trakadas and others, 2019).

Хотя это и подразумевается в контексте хозяйствования в морских районах, в настоящей главе не освещается ни подробная характеристика управления морскими районами, ни проблемы, связанные с секторальным и зачастую фрагментарным характером административных органов (например, Boyes and Elliott, 2014; 2015). Для того чтобы зонально привязанные подходы к хозяйствованию и подходы к хозяйствованию без зональной привязки были эффективными в более широких масштабах и в отношении видов с большими ареалами, при их применении необходимо

³⁵ См. резолюцию 71/312 Генеральной Ассамблеи, приложение.

³⁶ См. резолюцию 69/15 Генеральной Ассамблеи, приложение. См. также <https://sidsnetwork.org/samoa-pathway>.

³⁷ См. резолюцию 72/73 Генеральной Ассамблеи.

³⁸ См. <https://oceanconference.un.org/commitments/?id=15187> и http://ioc-unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewEventAgenda&eventID=2200.

³⁹ См. резолюцию 72/73 Генеральной Ассамблеи, пункт 292. См. также www.oceandecadeheritage.org/.

будет преодолевать зачастую фрагментированные и сложные режимы управления во всем мире.

Необходимо будет также распространить эффективное управление морскими ресурсами на районы за пределами национальной юрисдикции, где возникают более серьезные трудности в силу сложности правового режима. Это придает дополнительное значение ведущимся в настоящее время в Организации Объединенных Наций переговорам по международному юридически обязательному документу на базе Конвенции

Организации Объединенных Наций по морскому праву о сохранении и устойчивом использовании морского биологического разнообразия в районах за пределами действия национальной юрисдикции (см. гл. 28). Аналогичные дискуссии были начаты в ЮНЕСКО по вопросу о расширении сферы применения Конвенции об охране всемирного культурного и природного наследия в целях обеспечения охраны и регулирования морских объектов, имеющих выдающуюся универсальную ценность, в районах открытого моря (UNESCO, 2016; 2019).

Справочная литература

- Anthony, Kenneth R.N., and others (2015). Operationalizing resilience for adaptive coral reef management under global environmental change. *Global Change Biology*, vol. 21, No. 1, pp. 48–61. <https://doi.org/10.1111/gcb.12700>.
- Basiron, Mohd, and Cheryl Kaur (2009). *Designating a Particularly Sensitive Sea Area: Specifics, Processes and Issues*. Proceedings of the 6th MIMA International Conference on the Straits of Malacca. Kuala Lumpur.
- Bennett, Nathan J. (2019). Marine social science for the peopled seas. *Coastal Management*, vol. 47, No. 2, pp. 244–252. <https://doi.org/10.1080/08920753.2019.1564958>.
- Berkes, Fikret, and others (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, vol. 10, No. 5, pp. 1251–1262.
- Borja, Angel, and others (2017). Bridging the gap between policy and science in assessing the health status of marine ecosystems. Editorial. Lausanne: *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/978-2-88945-126-5>.
- Boyes, Suzanne J., and Michael Elliott (2014). Marine legislation: the ultimate 'horrendogram' – international law, European directives and national implementation. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 86, Nos. 1–2, pp. 39–47.
- _____ (2015). The excessive complexity of national marine governance systems: has this decreased in England since the introduction of the Marine and Coastal Access Act 2009? *Marine Policy*, vol. 51, pp. 57–65.
- Brugère, Cecile, and others (2019). The ecosystem approach to aquaculture 10 years on: a critical review and consideration of its future role in blue growth. *Reviews in Aquaculture*, vol. 11, No. 3, pp. 493–514. <https://doi.org/10.1111/raq.12242>.
- Chong, J. (2014). Ecosystem-based approaches to climate change adaptation: progress and challenges. *International Environmental Agreements: Politics, Laws and Economics*, vol. 14, pp. 391–405. <https://doi.org/10.1007/s10784-014-9242-9>.
- Chung, Anne E., and others (2019). Building coral reef resilience through spatial herbivore management. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 98. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00098>.
- Cowan, James H., Jr., and others (2012). Challenges for implementing an ecosystem approach to fisheries management. *Marine and Coastal Fisheries*, vol. 4, No. 1, pp. 496–510.
- Delisle, Aurélie, and others (2018). The socio-cultural benefits and costs of the traditional hunting of dugongs (*Dugong dugon*) and green turtles (*Chelonia mydas*) in Torres Strait, Australia. *Oryx*, vol. 52, No. 2, pp. 250–261. <https://doi.org/10.1017/S0030605317001466>.

- Díaz, Sandra, and others (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, vol. 359, No. 6373, p. 270. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>.
- Dudley, Nigel, and others (2010). The revised IUCN protected area management categories: the debate and ways forward. *Oryx*, vol. 44, No. 4, pp. 485–490.
- Dunstan, Piers K., and others (2016). Using ecologically or biologically significant marine areas (EBSAs) to implement marine spatial planning. *Ocean and Coastal Management*, vol. 121, pp. 116–127.
- Edgar, Graham J., and Rick D. Stuart-Smith (2014). Systematic global assessment of reef fish communities by the reef life survey program. *Scientific Data*, vol. 1, pp. 140007–140007. <https://doi.org/10.1038/sdata.2014.7>.
- _____ (2016). Ecoengineering with ecohydrology: successes and failures in estuarine restoration. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 176, pp. 12–35. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.04.003>.
- Elliott, M. (2011). Marine science and management means tackling exogenic unmanaged pressures and endogenic managed pressures: a numbered guide. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 62, pp. 651–655.
- Elliott, M., and others (2016). Ecoengineering with ecohydrology: successes and failures in estuarine restoration. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 176, pp. 12–35. <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.04.003>.
- Fanini, Lucia, and others (2020). Advances in sandy beach research: local and global perspectives. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 234, p. 106646.
- Ferrario, Filippo, and others (2014). The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. *Nature Communications*, vol. 5, p. 3794.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2016) = Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) (2016). *Состояние мирового рыболовства и аквакультуры*. Рим.
- _____ (2018) = *Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2018: Достижение целей устойчивого развития*. Рим.
- Gerhardinger, Leopoldo C., and others (2009). Local ecological knowledge and the management of marine protected areas in Brazil. *Ocean and Coastal Management*, vol. 52, Nos. 3–4, pp. 154–165.
- Gerhardinger, Leopoldo C., and others (2011). Marine protected areas: the flaws of the Brazilian national system of marine protected areas. *Environmental Management*, vol. 47, No. 4, pp. 630–643.
- Gianelli, I., and others (2018). Operationalizing an ecosystem approach to small-scale fisheries in developing countries: the case of Uruguay. *Marine Policy*, vol. 95, pp. 180–188.
- Gilby, Ben L., and others (2018). Maximizing the benefits of oyster reef restoration for finfish and their fisheries. *Fish and Fisheries*, vol. 19, No. 5, pp. 931–947. <https://doi.org/10.1111/faf.12301>.
- Gill, David A., and others (2017). Capacity shortfalls hinder the performance of marine protected areas globally. *Nature*, vol. 543, p. 665.
- Goodhead, Tim, and Zeynep Aygen (2007). Heritage management plans and integrated coastal management. *Marine Policy*, vol. 31, No. 5, pp. 607–610. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2007.03.005>.
- Govan, Hugh (2009). Achieving the potential of locally managed marine areas in the South Pacific. *SPC Traditional Marine Resource Management and Knowledge Information Bulletin*, vol. 25.
- Graham, Nicholas A.J., and others (2013). Managing resilience to reverse phase shifts in coral reefs. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 11, art. 10, pp. 541–548. <https://doi.org/10.1890/120305>.
- Hall, Stephen (2002). Chapter 3: the use of technical measures in responsible fisheries: area and time restrictions. In *A Fishery Manager's Guidebook: Management Measures and Their Application*, Kevern L. Cochrane, ed. Fisheries Technical Paper, No. 424. Rome. www.fao.org/3/y3427e/y3427e00.htm.

- Harvey, C.J., and others (2017). Implementing “the iea”: using integrated ecosystem assessment frameworks, programs, and applications in support of operationalizing ecosystem-based management. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 1, pp. 398–405. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw201>.
- Hidalgo, Manuel, and others (2018). Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Mediterranean Sea and the Black Sea marine fisheries. In *Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture*, pp. 139–158. FAO.
- Historic Environment Scotland (2019). *Scotland's Historic Marine Protected Areas*. Historic Environment Scotland. www.historicenvironment.scot/archives-and-research/publications/publication/?publicationId=fe248e27-0c19-4e4e-8d65-a62d00a2ce6a.
- Holsman, Kirstin K., and others (2019). Towards climate resiliency in fisheries management. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 76, No. 5, pp. 1368–1378. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz031>.
- Humphreys, John, and Robert W.E. Clark (2020). *Marine Protected Areas: Science, Policy and Management*. Elsevier.
- International Tribunal of the Law of the Sea (Seabed Disputes Chamber) (2011). *Case No. 17, Advisory Opinion on Responsibilities and Obligations of States with Respect to Activities in the Area, 1 February 2011*.
- Jones, Daniel O.B., and others (2019). Existing environmental management approaches relevant to deep-sea mining. *Marine Policy*, vol. 103, pp. 172–181.
- Jones, Peter J.S., and others (2016). Marine spatial planning in reality: introduction to case studies and discussion of findings. *Marine Policy*, vol. 71, pp. 256–264. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.026>.
- Karmaoui, Ahmed (2018). Environmental vulnerability to climate change in Mediterranean Basin: socio-ecological interactions between North and South. In *Hydrology and Water Resource Management: Breakthroughs in Research and Practice*, pp. 61–96. Hershey, Pennsylvania, United States of America: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3427-3.ch003>.
- Kikiloi, Kekuewa, and others (2017). Papahānaumokuākea: integrating culture in the design and management of one of the world's largest marine protected areas. *Coastal Management*, vol. 45, No. 6, pp. 436–451.
- Lee, Dah-Jye, and others (2008). Contour matching for fish species recognition and migration monitoring. In *Applications of Computational Intelligence in Biology*, Tomasz G. Smolinski, and others, eds., vol. 122, pp. 183–207. Studies in Computational Intelligence. Springer.
- Link, Jason S., and Howard I. Browman (2017). Operationalizing and implementing ecosystem-based management. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 1, pp. 379–381.
- Lo, Veronica (2018). Voluntary Guidelines for the Design and Effective Implementation of Ecosystem-Based Approaches to Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction. CBD/SBSTTA/22/INF/1.
- Longépé, Nicolas, and others (2018). Completing fishing monitoring with spaceborne Vessel Detection System (VDS) and Automatic Identification System (AIS) to assess illegal fishing in Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 131, pp. 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.016>.
- Maestro, María, and others (2019). Marine protected areas in the 21st century: current situation and trends. *Ocean and Coastal Management*, vol. 171, pp. 28–36.
- McIntosh, Emma J., and others (2017). The impact of systematic conservation planning. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 42, pp. 677–697.
- Mcleod, Elizabeth, and others (2019). The future of resilience-based management in coral reef ecosystems. *Journal of Environmental Management*, vol. 233, pp. 291–301.
- Meek, Chanda L. (2013). Forms of collaboration and social fit in wildlife management: a comparison of policy networks in Alaska. *Global Environmental Change*, vol. 23, No. 1, pp. 217–228.
- Milcu, Andra Ioana, and others (2013). Cultural ecosystem services: a literature review and prospects for future research. *Ecology and Society*, vol. 18, No. 3. <https://doi.org/10.5751/ES-05790-180344>.

- Miller, Rachel L., and others (2018). Protecting migratory species in the Australian marine environment: a cross-jurisdictional analysis of policy and management plans. *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, art. 229.
- Nguyen, K.D., and others (2016). The Vietnamese state and administrative co-management of nature reserves. *Sustainability*, vol. 8, No. 3, p. 292.
- Oates, Jennifer, and Lyndsey A. Dodds (2017). An approach for effective stakeholder engagement as an essential component of the ecosystem approach. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 1, pp. 391–397. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw229>.
- Pope, John G. (2002). Chapter 4: input and output controls: the practice of fishing effort and catch management in responsible fisheries. In *A Fishery Manager's Guidebook: Management Measures and Their Application*, Kevern L. Cochrane, ed. Fisheries Technical Paper, No. 424. Rome. <https://doi.org/10.1002/9781444316315.ch9>.
- Poulain, Florence, and others (2018). Methods and tools for climate change adaptation in fisheries and aquaculture. In *Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture. Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation Options*, Manuel Barange and others, eds., pp.535–566. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 627. Rome.
- Reef Restoration and Adaptation Program Consortium (2018). *Reef Restoration and Adaptation Program*. Australian Marine Science Association. www.aims.gov.au/documents/30301/0/RRAP+Brochure/909e6dea-c7e9-4125-bece-0f10b639da5b.
- Reis, Enir G., and Fernando D’Incao (2000). The present status of artisanal fisheries of extreme Southern Brazil: an effort towards community-based management. *Ocean and Coastal Management*, vol. 43, No. 7, pp. 585–595.
- Roberts, Callum M., and others (2017). Marine reserves can mitigate and promote adaptation to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 114, No. 24, pp. 6167–6175. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701262114>.
- Satta, Alessio, and others (2017). Assessment of coastal risks to climate change related impacts at the regional scale: the case of the Mediterranean region. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 24, pp. 284–296.
- Schultz, Lisen, and others (2015). Adaptive governance, ecosystem management, and natural capital. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 112, No. 24, pp. 7369–7374. <https://doi.org/10.1073/pnas.1406493112>.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2004). *The Ecosystem Approach*. Montreal. www.cbd.int/ecosystem.
- _____ (2019). *Voluntary Guidelines for the Design and Effective Implementation of Ecosystem-Based Approaches to Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction and Supplementary Information*. Technical Series, No. 93. Montreal.
- Strati, Anastasia (1995). *The Protection of the Underwater Cultural Heritage: An Emerging Objective of the Contemporary Law of the Sea*, vol. 23. Martinus Nijhoff Publishers.
- Thornton, Thomas F., and Adela Maciejewski Scheer (2012). Collaborative engagement of local and traditional knowledge and science in marine environments: a review. *Ecology and Society*, vol. 17, No. 3. <https://doi.org/10.5751/ES-04714-170308>.
- Trakadas, Athena, and others (2019). The Ocean Decade Heritage Network: Integrating Cultural Heritage Within the United Nations Decade of Ocean Science 2021–2030. *Journal of Maritime Archaeology*, vol. 14, No. 2, pp. 153–165.
- Trochta, John T., and others (2018). Ecosystem-based fisheries management: perception on definitions, implementations, and aspirations. *PLOS One*, vol. 13, No. 1, p. e0190467.

- Turner, Nancy J., and Fikret Berkes (2006). Coming to understanding: developing conservation through incremental learning in the Pacific Northwest. *Human Ecology*, vol. 34, No. 4, pp. 495–513.
- United Nations (2017). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108186148>.
- United Nations Conference on Environment and Development (1992) = Конференция Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию (1992). Приложение I, Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию, Принцип 15: принцип принятия мер предосторожности, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года. <https://ru.unesco.org/themes/education>.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (1972) = Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) (1972). Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия, принятая Генеральной конференцией на ее семнадцатой сессии, Париж, 16 ноября 1972 года. www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/heritage.shtml.
- _____ (2016). *World Heritage in the High Seas: An Idea Whose Time Has Come*. World Heritage Report, No. 44. UNESCO.
- _____ (2019). *Report on the Evaluation of 2001 Convention on the Protection of Underwater Cultural Heritage*. UNESCO.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2018). Conceptual guidelines for the application of marine spatial planning and integrated coastal zone management approaches to support the achievement of sustainable development goal targets 14.1 and 14.2. United Nations Regional Seas Reports and Studies, No. 207. www.unep-wcmc.org/system/dataset_file_fields/files/000/000/548/original/Final_ConceptualGuidelines_240918.pdf?1538124788.
- United Nations Environment Programme and Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2000) = Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде и Секретариат Конвенции о биологическом разнообразии (2000). Приложение III, Решения, принятые Конференцией сторон Конвенции о биологическом разнообразии на ее пятом совещании. www.cbd.int/doc/meetings/cop/cop-05/official/cop-05-23-ru.pdf.
- Veitayaki, Joeli, and others (2003). Empowering local communities: case study of Votua, Va, Fiji. *Ocean Yearbook Online*, vol. 17, No. 1, pp. 449–463.
- Waltham, Nathan J., and others (2020). United Nations decade on ecosystem restoration 2021–2030: what chance for success in restoring coastal ecosystems? *Frontiers in Marine Science*, vol. 7, art. 71. <https://researchonline.jcu.edu.au/62400/>.
- Wise, Russell M., and others (2014). Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response. *Global Environmental Change*, vol. 28, pp. 325–336.
- World Conservation Monitoring Centre and International Union for Conservation of Nature (2019). Protected Planet: World Database on Protected Areas. Cambridge, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. www.protectedplanet.net/marine.
- Zador, S.G., and others (2017). Ecosystem considerations in Alaska: the value of qualitative assessments. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 74, No. 1. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw144>.
- Zhang, C. I., and others (2011). An IFRAME approach for assessing impacts of climate change on fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, No. 6, pp. 1318–1328.

Глава 28

Сдвиги

В ПОНИМАНИИ

ОБЩИХ ВЫГОД,

ПОЛУЧАЕМЫХ

ЧЕЛОВЕКОМ

ОТ ОКЕАНА

Участники: Лусиану Херманс (координатор), Денис Ворлнаньо Ахето, Адем Бильгин, Роберт Бласяк, Сесиль Брюжер, Войцех Вавжиньский, Ханс Ван Тилбург, Маринис Эймаэл Гарсия Шерер, Дебора Гривз, Осман Ке Камара (соведущий участник), Лу Вэньхай, Ирина Макаренко, Эсам Ясин Мохаммед (ведущий участник), Столе Навруд, Анита Смит, Анастасия Страти (соведущий участник), Рашид Сумайла, Катерина Уткина, Энтони Ферт, Йёрн Шмидт (соведущий участник) и Кэрен Эванс.

Ключевые тезисы

- Ресурсы океана обеспечивают основные источники средств к существованию для миллионов людей во всем мире и предоставляют широкий спектр экосистемных услуг и выгод, включая производство кислорода, обеспечение продуктов питания, улавливание углекислого газа, минералы, генетические ресурсы и содействие формированию культурных ценностей и общего жизненного уклада. Однако в силу ряда антропогенных факторов, включая изменение климата, качество обеспечиваемых морскими и прибрежными экосистемами услуг ухудшается тревожными темпами.
- Деятельность человека оказывает как прямое, так и косвенное воздействие на экосистемные услуги и в этой связи может привести к уменьшению или исчезновению обеспечиваемых этими услугами выгод. Поскольку в будущем деятельность человека в морской среде, в частности в районах за пределами действия национальной юрисдикции, как ожидается, будет активизироваться, она не только будет оказывать все большее давление на природные ресурсы, но и может создать угрозу для морского биоразнообразия и, следовательно, выгод, получаемых людьми от экосистемных услуг.
- Нормы международного права, отраженные в Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву¹, имеют решающее значение для охраны и неистощительного использования океана и его ресурсов, а также для сохранения многих экосистемных услуг, обеспечиваемых океаном на благо как нынешнего, так и будущих поколений. Предпринимаемые действия и усилия должны быть в первую очередь ориентированы на устранение имплементационных и регулятивных пробелов, особенно в отношении районов за пределами действия национальной юрисдикции.
- В этой связи дополнительное значение приобретают ведущиеся в настоящее время в Организации Объединенных Наций переговоры относительно разработки международного юридически обязательного документа на базе Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву о сохранении и устойчивом использовании морского биологического разнообразия в районах за пределами действия национальной юрисдикции.
- Распределение между странами мира получаемых от океана выгод по-прежнему весьма неравномерно. Попыткам менее развитых стран воспользоваться обеспечиваемыми океаном благами мешают пробелы в наращивании потенциала, дефицит ресурсов и финансовые ограничения.
- Развитие потенциала, обмен научными знаниями и сотрудничество в деле разработки и передачи инновационных морских технологий позволят государствам в полной мере участвовать в сохранении и устойчивом использовании океана и его ресурсов и извлекать из этого пользу, а также будут способствовать выполнению государствами своих обязательств.

1. Введение

Ресурсы океана обеспечивают источники средств к существованию для миллионов людей во всем мире и предоставляют ряд важнейших экосистемных услуг, включая производство кислорода и улавливание углекислого газа, связанных с биоразнообразием услуг, таких как добыча живых ре-

сурсов, защита прибрежных районов и получение генетических ресурсов (Mohammed, 2012) и культурно-бытовых услуг (Whitmarsh, 2011). К наиболее ценным услугам, по общему мнению, относятся туризм и отдых, а также защита от стихийных бедствий (Mehvar and others, 2018). Одно рыбо-

¹ United Nations, *Treaty Series*, vol. 1834, No. 31363.

ловство приносит разнообразные выгоды миллионам людей, включая живущих в нищете членов прибрежных сообществ в странах с низким уровнем дохода. Рыба и другие морепродукты являются основным продуктом питания и источником белка и микроэлементов для многих уязвимых общин. По оценкам, в 2016 году в первичном секторе промыслового рыболовства и аквакультуры было занято 59,6 млн человек, причем подавляющее большинство из них проживали в странах с низким уровнем дохода (приведенная цифра охватывает также людей, занятых в некоторых видах деятельности, осуществляемых на суше). Если добавить к ним людей, занятых в смежных отраслях переработки, маркетинга, сбыта и снабжения, то получится, что рыболовство и аквакультура, по оценкам, обеспечивают источниками средств к существованию около 250 миллионов

человек (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018).

Обеспечиваемые морскими и прибрежными экосистемами выгоды можно разделить на несколько категорий. В традиционном понимании речь идет о товарах (природные продукты, ресурсы и урожай, имеющие рыночную стоимость), услугах (процессы, поддерживающие все формы жизни, но не имеющие рыночной стоимости) и культурных благах (духовное и религиозное наследие, не имеющее очевидной рыночной стоимости). В то время как товары имеют непосредственную (потребительскую) ценность, определяемую рыночной стоимостью, услуги и культурные блага имеют косвенную (непотребительскую) ценность, которую можно оценить разными методами (см. рисунок).

Как морские экосистемы обеспечивают экономические выгоды



Примечание. Структура и функционирование морских экосистем обуславливают производство экосистемных услуг. Некоторые товары, услуги и культурные блага оказывают прямое влияние на благополучие человека, в то время как другие товары, услуги и блага влияют на благополучие человека косвенно, поддерживая или защищая ценные экономические активы и производственные процессы.

Источник: Barbier (2017) (адаптировано).

В рамках знаменательной программы «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» в 2005 году была предложена новая классификация получаемых человеком от экосистем выгод, также име-

мых экосистемными услугами. Они делятся на снабженческие, регулирующие, культурные и вспомогательные услуги (при этом услуги последней категории необходимы для существования

остальных). Снабженческие услуги, такие как получение от экосистем продуктов питания, топлива и волокон, схожи с потребительскими выгодами и имеют практическую ценность, в то время как другие услуги, такие как регулирование климата, поглощение углекислого газа, поддержание биологических циклов, регулирование ландшафта, создание возможностей для получения дохода и занятости и формирование культурной самобытности, в основном неимущественны (т. е. не имеют потребительской ценности и стоимости).

1.1. Снабженческие услуги, обеспечиваемые морскими и прибрежными экосистемами

Океан прямо или косвенно обеспечивает множество ценных для человека благ. Прежде всего непосредственная выгода от морских и прибрежных экосистем связана с их первичной продуктивностью и получаемыми в результате продуктами, такими как рыбы, растения, животные, топливо, древесина (например, мангры), биохимические вещества, натуральные лекарства, фармацевтические препараты, сырье (песок и кораллы) и – в меньшей степени – пресная вода и волокно. В 2016 году было выловлено 79,3 млн тонн морской рыбы² и выращено 28,7 млн тонн видов морской аквакультуры, что в совокупности обеспечило население планеты в среднем 14,6 кг морепродуктов на человека (FAO, 2018). Морепродукты имеют огромное значение для продовольственной безопасности: на их долю приходится в среднем более 20 процентов потребляемого животного белка на душу населения для 3 миллиардов человек, причем в некоторых развивающихся странах этот показатель составляет более 50 процентов (FAO, 2018).

1.2. Регулирующие услуги, обеспечиваемые морскими и прибрежными экосистемами

Мировой океан выполняет важнейшую регулируемую функцию. Он влияет на биологически опосредованные процессы, такие как связывание углерода и высвобождение кислорода, обеспечивая смягчение и регулирование климатических условий. Береговые районы играют

ключевую роль в секвестрации углерода. Эти функции имеют для человека косвенную потребительскую ценность, поскольку позволяют поддерживать благоприятные и стабильные климатические условия (например, температуру и уровень осадков), с которыми связаны источники средств к существованию (например, выращивание сельскохозяйственных культур), обеспечивать охрану здоровья человека, а также сохранять инфраструктуру и другое имущество, от которых зависит человеческий труд. Роль прибрежных экосистем в защите от вредителей и контроле популяции животных через трофодинамические связи, а также в опылении помогает сдерживать распространение вредителей и болезней, которые могут оказывать влияние на урожай, аквакультуру и (потенциально) на здоровье человека.

Прибрежные экосистемы имеют большое значение для предотвращения береговой эрозии и могут выступать средством стабилизации береговой линии и защиты от штормов, ослабляя силу волн и уменьшая уязвимость прибрежных поселений для нагонов и наводнений. Например, в результате цунами 2004 года в Индийском океане, по оценкам, в большей степени пострадали районы, преобразованные в пруды для выращивания креветок или отведенные под какую-либо другую деятельность, чем районы, где мангровые заросли остались нетронутыми (Environmental Justice Foundation, 2006); в целом чем плотнее были береговые мангровые заросли, тем в большей мере они обеспечивали защиту хозяйственных объектов (Hochard and others, 2019). Коралловые рифы, подводные луга и другие богатые растительностью прибрежные экосистемы, если они сами находятся в здоровом состоянии, также могут выполнять важную функцию по рассеиванию волн и защите берегов (Spalding and others, 2014), хоть и в меньшей степени.

1.3. Вспомогательные услуги, обеспечиваемые морскими и прибрежными экосистемами

Происходящий в морских и прибрежных экосистемах процесс фотосинтеза, то есть преобразо-

² Без учета водных млекопитающих, крокодилов и животных родственных видов, водорослей и других водных растений.

вания солнечного света в энергию химических связей органических соединений, позволяет поддерживать чистую первичную продуктивность экосистем. Прибрежные экосистемы играют важнейшую роль в поддержании биоразнообразия и создании подходящей среды для размножения и выращивания молодежи водных видов. Вспомогательные услуги морских и прибрежных экосистем напрямую связаны с экологическими нишами и обеспечиваемыми ими убежищами для диких животных и растений. Например, в Средиземном море на долю связанных с подводными лугами видов приходится, по оценкам, от 30 до 40 процентов уловов промыслового рыболовства и примерно 29 процентов уловов любительского рыболовства (Jackson and others, 2015). Прибрежные экосистемы также выступают в качестве поглотителей загрязняющих веществ, обеспечивают хранение и рециркуляцию питательных веществ и поддерживают круговорот воды.

1.4. Культурные услуги и другие социальные блага, обеспечиваемые морскими и прибрежными экосистемами

К обеспечиваемым океаном эстетическим, культурным, религиозным и духовным функциям (культурные услуги) относится широкий спектр видов деятельности. Эти услуги необходимы для создания и сохранения социального капитала, для просвещения и для формирования культурной самобытности и традиций (человеческий и общественный капитал). Во всем мире с морем связано множество верований и ритуалов. При этом число исследований в области обеспечиваемых морскими и прибрежными экосистемами культурных услуг по-прежнему ограничено (Garcia Rodrigues and others, 2017; Blythe and others, 2020; Diaz and others, 2018).

Некоторые виды культурной практики неразрывно связаны с традиционными направлениями использования океана (такими как кораблестроение и добыча моллюсков, а также ловля рыбы, например с помощью каменных ловушек, которые были обнаружены на побережьях Юго-Восточной Азии, Австралии и островов Тихого океана). Разнообразие и технологическая сложность таких методов свидетельствуют о богатстве тра-

диционных знаний коренных народов об океане и его ресурсах (Jeffery, 2013; Rowland and Ulm, 2011). Традиционные плавучие средства, такие как гавайское каноэ для длительных плаваний Hōkūle`a, играют важную роль в восстановлении и сохранении практики навигации без приборов тихоокеанских народов и их культурной самобытности. Такие каноэ строятся и в других частях Тихого океана, и во многих местах традиционные знания в области навигации удалось сохранить. Гонки на лодках «фаутаси» в Самоа и гонки на «лодках-драконах» в Китае являются хорошим примером того, как можно совместить задачу сохранения исторических и культурных традиций со здоровым образом жизни, поддержанием хорошей физической формы и соревнованиями. Связанные с водой виды деятельности уже давно составляют привычную или важную часть жизни людей. К прочим видам непотребительского использования океана относятся плавание, погружение с аквалангом, катание на байдарках, серфинг, парусный спорт и наблюдение за дикой природой.

Наконец, для многих общин коренных народов рыболовство и традиция делиться рыбой друг с другом являются важнейшими составляющими традиционных способов получения продовольствия, которые имеют большое значение для поддержания социально-культурной сплоченности и самобытности, а также соответствующих церемониальных и культурных обычаев (Loring and others, 2019; Leong and others, 2020).

Со способами взаимодействия людей с океаном связаны и другие виды культурной практики (например, танцы как способ поклонения океану или религиозные церемонии, призванные защитить людей от связанной с океаном опасности). Такие виды практики могут составлять важную часть культурного наследия народа. В качестве примера можно привести роль охоты на китов для коренных народов западного побережья Канады и Соединенных Штатов Америки, о которой упоминалось в первой «Оценке состояния Мирового океана». В штате Вашингтон (Соединенные Штаты) племя мака с 2005 года добывается специального разрешения, чтобы возобновить практику охоты на китов. В ноябре 2019 года по ходатайству племени были проведены слушания, и в феврале 2020 года была опубликована пере-

смотренная оценка экологического воздействия. Мака опасаются, что в отсутствие специального разрешения этот особый элемент их культуры останется в прошлом и никак не будет подкрепляться современной практикой (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015; 2020).

Частью обеспечиваемых океаном культурных услуг, которая приносит существенную, хотя и зачастую неоцененную социальную и экономическую выгоду, также является сохранение наследия (Firth, 2015). Культурные объекты подводного культурного наследия, такие как старые затонувшие корабли, являются источником археологической и исторической информации, которая раскрывает уникальные связанные с прошлым аспекты мореплавания и поведения и которую необходимо распространять через музейные экспозиции, документальные фильмы и материалы государственных исследований. Обломки судов могут также служить источником ценной информации о социально-культурных, исторических, экономических и политических аспектах различного значения (местного, регионального или глобального), относящихся к периоду между датой постройки судна, определяемой по его особенностям (например, конструкция корпуса, оснастка, применявшиеся материалы или назначение), и датой его гибели в море по той или иной причине (например, военные действия, пиратство, каперство, намеренное оставление или погодные явления) (Gould, 1983). Останки доисторических и исторических объектов, оказавшихся затопленными в результате изменения уровня моря, и непрерывные процессы разрушения значимых прибрежных объектов в результате внешнего воздействия и эрозии служат важным напоминанием о роли изменения климата в прошлом человечества и о воздействии климатического кризиса в наши дни (Harkin and others, 2020).

Осмотр затонувших объектов играет определенную роль в сфере любительских погружений с аквалангом. Обряды, совершаемые с целью увековечить память о погибших судах, такие как возложение венков в честь экипажей затонувших военных кораблей, являются проявлением глубокого осознания человечеством той дани, которую оно на протяжении своей истории приносило морю. Помимо разнообразных культур-

ных услуг, связанных с останками кораблекрушений и другими историческими объектами в море, необходимо вспомнить функцию объектов подводного культурного наследия в качестве искусственных рифов, формирующих среду обитания, которая имеет важное значение, например, для охраны видов, морской рыбалки и промыслового рыболовства (Firth, 2018).

Наконец, важно упомянуть чувства, которые вызывает у человека созерцание океана. Ощущение свободы и единства со стихией может иметь большое значение для жителей прибрежных районов или туристов. Как обсуждалось в главе 8В, посвященной связи между здоровьем человека и океаном, появляется все больше свидетельств того, что порождаемое созерцанием океана ощущение открытости может оказывать положительное воздействие на здоровье человека. Кроме того, океан служит богатым источником вдохновения для художников, композиторов и писателей и в этом контексте зачастую имеет большое экономическое значение для жизни общества. Некоторые исследования указывают на глубокую эмоциональную привязанность людей к морской среде [например, исследования, посвященные Черному морю (Fletcher and others, 2014) и Северному морю (Gee and Burkhard, 2010)], а также важность поддержания этой связи для сохранения как природы, так и культуры (Fletcher and others, 2014). При этом, несмотря на достигнутый прогресс, до недавнего времени в контексте морских исследований и хозяйственной деятельности важнейшая роль связанного с океаном чувства принадлежности и его влияние на успех и эффективность принимаемых хозяйственных мер чаще всего не учитывались (Van Putten and others, 2018; Hernandez and others, 2007).

Частью более широкого спектра обеспечиваемых морскими и прибрежными экосистемами социальных благ, которые оказывают прямое и косвенное влияние на благополучие людей, независимо от того, насколько далеко от берега они живут, являются также возможности для получения дохода, занятости, образования и отдыха, а также для получения имеющей научную и художественную ценность информации и вдохновения.

2. Блага и их распределение

В то время как некоторые функции океана, включая производство кислорода и поглощение углекислого газа и тепла, имеют универсальное значение и поддерживают существование жизни на Земле, большинство обеспечиваемых им услуг связаны с конкретными экосистемами или их элементами и поэтому распределяются неравномерно. Кроме того, не все государства могут в полной мере участвовать в связанной с океаном и его ресурсами деятельности и пользоваться его благами. Причиной тому может быть либо отсутствие доступа к океану, как, например, в случае государств, не имеющих выхода к морю, либо отсутствие финансовых средств для развития морской индустрии, как в случае многих развивающихся стран. Некоторые государства не имеют возможности доступа к районам за пределами действия национальной юрисдикции или даже к частям своей собственной исключительной экономической зоны. Например, сбор морских генетических ресурсов в районах за пределами действия национальной юрисдикции, их секвенирование и потенциальная коммерциализация в настоящее время осуществляются лишь небольшим числом стран (Blasiak and others, 2018; 2019; Harden-Davies, 2019; Levin and Baker, 2019).

По поводу одной из основных снабженческих услуг (обеспечение живых ресурсов) необходимо отметить как то, что она характеризуется неравномерным распределением в силу сосредоточения высокопродуктивных зон в районах апвеллинга (Kämpf and Charman, 2016), так и то, что весьма существенная часть промыслового рыболовства приходится на долю относительно малого количества рыболовных судов из небольшой группы государств. В 2016 году 42 процента общемирового улова приходилось на суда из 25 государств (FAO, 2018). Прибыль, таким образом, далеко не всегда поступает в страны, в чьей исключительной экономической зоне производится рыба. Например, Макколи и др. (McCauley and others, 2018) установили, что суда, ходящие под флагами стран с более высоким уровнем дохода, ведут 97 процентов отслеживаемого промышленного рыболовства в открытом море и 78 процентов — в национальных водах стран с более низким уровнем дохода.

Экономическая оценка связанных с экосистемными услугами культурных благ все чаще проводится путем применения методов оценки стоимости объектов окружающей среды к рекреационным видам деятельности, таким как туризм, морская любительская рыбалка, наблюдение за китами и наслаждение морским пейзажем (Hanley and others, 2015; Aanesen and others, 2015; Spalding and others, 2017), а также путем оценки непотребительской ценности (т. е. ценность существования и наследуемая ценность) коралловых рифов и других ресурсов морского биоразнообразия (Aanesen and others, 2015; Navrud and others, 2017). Туризм тесно связан со специфическими особенностями местности (например, присутствие коралловых рифов) (Brander and others, 2007) и возможностями для осуществления конкретных видов деятельности (например, круизный туризм), сосредоточен в определенных районах, таких как Карибский бассейн и Средиземноморье, и постепенно развивается в полярных районах (см. гл. 8А).

Международный орган по морскому дну был учрежден в качестве организации, через посредство которой государства — участники Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву организуют и контролируют деятельность в Районе (т. е. всю деятельность по разведке и разработке минеральных ресурсов дна морей и океанов и его недр за пределами национальной юрисдикции) на благо всего человечества и в целях обеспечения справедливого распределения финансовых и других экономических выгод от деятельности в Районе (см. ст. 140 Конвенции). Вместе с тем, помимо экономических выгод от разработки глубоководных участков морского дна, в контексте статьи 140 необходимо также учитывать выгоды от сохранения экосистем, совмещая тем самым вопросы перераспределения (международная солидарность) и вопросы сохранения окружающей среды (межпоколенческая солидарность) (Pladi, 2015; Feichtner, 2019).

Конкретные обязательства по совместному использованию выгод предусмотрены также в статье 82 Конвенции, согласно которой прибрежные государства производят отчисления или взно-

сы натурой в связи с разработкой неживых ресурсов континентального шельфа за пределами 200 морских миль. Такие отчисления или взносы делаются через Международный орган по мор-

скому дну, который распределяет их между государствами – участниками Конвенции на основе критериев справедливости (Spicer and McIsaac, 2016).

3. Ущерб людям

В своих концептуальных рамках Межправительственная научно-политическая платформа по биоразнообразию и экосистемным услугам определяет влияние природы на жизнь людей как сочетание всего положительного вклада или благ (включая экосистемные услуги) и (иногда) отрицательного вклада, потерь или ущерба, наносимого природой человеку (Pascual and others, 2017). Отрицательное воздействие природы, которое в некоторых областях стало называться «экосистемными лжеуслугами», только сейчас начинает учитываться при оценке экосистемных услуг (Campagne and others, 2018).

Экосистемные лжеуслуги или ущерб – это функции или свойства экосистем, которые вызывают дискомфорт или причиняют вред, либо уменьшая пользу экосистемных услуг, либо непосредственно влияя на состояние человека (Lyytimäki, 2014; Shackleton and others, 2016). С прямыми последствиями для человека связаны, например, наводнения и штормовые нагоны, которые могут приводить к экономическим потерям, превышающим 100 млрд долл. США в год (Kousky, 2014). Люди также могут страдать от связанных с потреблением морепродуктов и обусловленных в основном вредоносным цвете-

нием водорослей заболеваний, таких как амнестический токсикоз, паралитическое отравление моллюсками, диарейное отравление моллюсками, нейротоксическое отравление моллюсками и отравление рыбой (сигуатера). Помимо отрицательных последствий для здоровья человека, эти болезни также приводят к экономическим потерям в связи с расходами на госпитализацию и нетрудоспособностью (Sanseverino and others, 2016). Вредоносное цветение водорослей может также приводить к потерям в области рыболовства и аквакультуры. Естественное образование осадков может негативно влиять на деятельность человека, включая судоходство.

В контексте признания отрицательного воздействия природы отмечается, что увеличение частоты и интенсивности таких явлений в большинстве случаев связано с антропогенными факторами и нагрузкой. Например, в результате затопления прибрежных областей обычно страдают населенные пункты, неудачно расположенные в низинах и подверженных наводнениям районах. Таким же образом в некоторых случаях причиной цветения водорослей является антропогенное загрязнение воды.

4. Угрозы для обеспечиваемых океаном экосистемных услуг

Деятельность человека оказывает прямое или косвенное воздействие на экосистемные услуги и в этой связи может привести к уменьшению или исчезновению обеспечиваемых этими услугами выгод. Речь идет о факторах давления, о которых подробно говорилось в главах 9–25. Поскольку в будущем деятельность человека в морской среде, в частности в районах за пределами действия национальной юрисдикции, как ожидается, будет активизироваться, она не только будет оказывать все большее давление на природные ресурсы, но и может создать угрозу для морского биоразнообразия и, следовательно, вы-

год, получаемых людьми от экосистемных услуг (Altwater and others, 2019). О том, в какой степени взаимодействие различных социальных и экологических процессов определяет обеспечиваемые морскими экосистемами выгоды, известно относительно мало (Outeiro and others, 2017). Хотя параллельные производственные процессы могут поддерживать беспрепятственный круговорот экосистемных услуг, эти процессы могут также иметь последствия, ограничивающие свободу потока экосистемных услуг и усиливающие воздействие экосистемных лжеуслуг, и отрицательно сказываться на благополучии людей на

различных уровнях (Pore and others, 2016). Разные направления воздействия, которые можно разделить на угрозы, связанные с извлечением ресурсов (например, рыболовство, горное дело, морская разведка и добыча углеводородов, эксплуатация морских установок и освоение возобновляемых источников энергии и вырубка мангровых зарослей), и угрозы, не связанные

извлечением ресурсов (например, потепление и закисление океана, эвтрофикация, загрязнение, а также разрушение и изменение характера местообитаний), взаимодействуют друг с другом, что зачастую приводит к еще более серьезным последствиям (McCauley and others, 2015; Sumaila and others, 2016; Simas and others, 2015; O'Hagan and others, 2015; Greaves and others, 2016).

5. Защита обеспечиваемых океаном выгод на основе регионального и международного сотрудничества и более эффективного осуществления норм международного права, отраженных в Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву

5.1. Конвенция Организации Объединенных Наций по морскому праву, имплементационные соглашения к ней и связанные с ними документы

Конвенция Организации Объединенных Наций по морскому праву, в которой предписываются юридические рамки осуществления всей деятельности в Мировом океане, играет важнейшую роль в сохранении и устойчивом использовании океана и его ресурсов и в обеспечении защиты многочисленных экосистемных услуг, предоставляемых океаном, в интересах как нынешнего, так и будущих поколений.

Конвенция, центральным элементом которой является интеграция экологического, социального и экономического компонентов, устанавливает хрупкое равновесие между задачами достижения экономического и социального развития посредством использования океанов и их ресурсов и необходимостью сохранения и рационального использования таких ресурсов, а также защиты и сохранения морской среды. Она также обеспечивает основу для международного сотрудничества в деле сохранения и рационального использования океана и его ресурсов, которое может осуществляться через межправительственные учреждения или на основе двустороннего взаимодействия между государствами (United Nations, 2017b).

Конвенция является одним из условий стабильности, мира и прогресса и приобретает особую важность в сложном международном контексте.

Она обеспечивает прочную основу и правовые инструменты для эффективного урегулирования вопросов, касающихся устойчивого развития, и решения новых проблем в этой области. В этой связи огромное значение имеют полное уважение и выполнение ее положений, особенно тех, которые касаются обязанности защищать и сохранять морскую среду и осуществлять сотрудничество.

Комплексный подход к распоряжению океаном, нашедший отражение в Конвенции, имеет важнейшее значение для содействия устойчивому развитию, поскольку секторальные и фрагментированные подходы недостаточно согласованы и могут приводить к выработке решений, оказывающих лишь ограниченное воздействие на деятельность по сохранению и устойчивому использованию океана и его ресурсов. На международном уровне важно обеспечить, чтобы нормотворческая деятельность и деятельность международных организаций по укреплению потенциала в рамках их компетенции осуществлялись на основании комплексного подхода и чтобы такие организации эффективно учитывали растущую потребность в координации и межсекторальном сотрудничестве. При этом на национальном уровне для применения комплексного подхода необходима разработка и внедрение всеобъемлющих нормативно-правовых рамок по вопросам океана, а также создание или усовершенствование институциональных механизмов, позволяющих осуществлять межучрежденческое сотрудничество.

Во многих областях Конвенция дополняется более конкретными, отраслевыми документами. Помимо двух имплементационных соглашений — Соглашения 1994 года об осуществлении части XI Конвенции³ и Соглашения 1995 года об осуществлении положений Конвенции, которые касаются сохранения трансграничных рыбных запасов и запасов далеко мигрирующих рыб и управления ими⁴, — на глобальном и региональном уровнях действует множество международно-правовых документов, охватывающих многие аспекты использования океана, включая сохранение и рациональное использование океанов и их ресурсов.

К этим документам относятся глобальные договоры, касающиеся устойчивого управления рыболовством (включая разработанное ФАО Соглашение о мерах государства порта по предупреждению, сдерживанию и ликвидации незаконного, несообщаемого и нерегулируемого промысла 2009 года), загрязнения с судов, безопасности на море, загрязнения атмосферы, выброса опасных веществ в окружающую среду, защиты определенных видов или местообитаний, сохранения и устойчивого использования биоразнообразия, условий труда моряков, рыбаков и других занятых на море людей и защиты подводного культурного наследия. В эту систему входит также ряд региональных договоров, включая договора о создании региональных рыбохозяйственных организаций и договоренностей и конвенции и планы действий по региональным морям. Соответствующие вопросы рассматриваются также в ряде инструментов «мягкого права», включая технические руководства по рыбному промыслу, такие как Международные руководящие принципы регулирования глубоководного промысла в открытом море ФАО, Кодекс ведения ответственного рыболовства ФАО и руководство Международной океанографической комиссии «Морское пространственное планирование: поэтапный подход к экосистемно ориентированному хозяйст

ванию». Хотя эти руководства носят универсальный характер, они отводят важное место примерам передовой практики и региональным особенностям и в этой связи служат отдельным странам подспорьем в деле осуществления глобальных программ, касающихся океана. Компоненты системы работы в области глобального управления ресурсами Мирового океана также находят отражение в инструментах «мягкого права», которые задают направление международных действий, как то Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию⁵ и Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года⁶, в частности цель 14, касающаяся живых ресурсов океана.

Эффективное сохранение и рачительное использование океана и его ресурсов достижимо только при полном выполнении этого корпуса международного права. Действия и усилия должны быть сосредоточены главным образом на устранении имплементационных пробелов. Выполнение такого всеобъемлющего комплекса правовых норм является трудной задачей для всех государств, особенно развивающихся. Многие малые островные развивающиеся государства и наименее развитые страны не располагают обширными знаниями и квалифицированной рабочей силой, необходимыми для распоряжения ресурсами океана, в частности в свете ограниченности их ресурсов и потенциала с учетом огромной площади акваторий под их юрисдикцией. Наличие потенциала и технологий в области планирования и регулирования деятельности на суше, оказывающей воздействие на прибрежную и морскую среду, а также деятельности, осуществляемой в прибрежной и морской среде, обеспечит возможность получения максимальных экономических выгод экологически устойчивым образом.

В первой «Оценке» отмечалось, что наращивание потенциала, обмен научными знаниями и передача морской технологии с учетом разработанных Межправительственной океанографи-

³ United Nations, *Treaty Series*, vol. 1836, No. 31364.

⁴ *Ibid.*, vol. 2167, No. 37924.

⁵ Доклад Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года, том I, Резолюции, принятые на Конференции (издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № R.93.I.8 и исправление), резолюция 1, приложение I.

⁶ См. резолюцию 70/1 Генеральной Ассамблеи.

ческой комиссией Критериев и руководящих принципов передачи морской технологии позволят государствам полноценно участвовать в деятельности по сохранению и рациональному использованию океана и его ресурсов и пользоваться ее результатами, а также будут способствовать выполнению этими государствами своих обязательств (United Nations, 2017a).

С тех пор ситуация мало изменилась. Недостаток кадрового, институционального и системного потенциала, а также финансирования по-прежнему являются основными ограничивающими факторами, особенно для развивающихся стран. Дефицит ресурсов, а том числе финансовых возможностей, остается важным сдерживающим фактором в деле защиты и сохранения морской среды и проведения морских научных исследований, и технологические ограничения нередко препятствуют эффективному выполнению тем или иным государством своих обязательств (United Nations, 2017b; см. также гл. 27).

Имеются также пробелы в отношении предметного или географического охвата действующих инструментов. Например, хотя глобальные, региональные и национальные документы охватывают некоторые аспекты проблемы морского мусора, пластмассы и микрочастиц пластмасс, ни один документ, за исключением некоторых региональных планов действий по морскому мусору и секторальных мер, в частности предусмотренных приложением V к Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, не посвящен конкретно этой проблеме. В то же время, хотя региональные документы, касающиеся осуществления аспектов Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву и Соглашения по рыбным запасам (United Nations, 2017b), имеют широкий охват, некоторые пробелы все-таки сохраняются.

Конкретные трудности возникают при осуществлении эффективных мер хозяйствования в райо-

нах за пределами действия национальной юрисдикции, главным образом из-за отсутствия межотраслевой координации, но также и из-за пробелов в регулировании (Altwater and others, 2019; см. также гл. 27). Эти вопросы в настоящее время обсуждаются в Организации Объединенных Наций в контексте межправительственных переговоров по разработке юридически обязательного документа на базе Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву о сохранении и устойчивом использовании морского биоразнообразия в районах за пределами действия национальной юрисдикции.

Цель 14 в области устойчивого развития может стать значимым фактором в деле более эффективного распоряжения ресурсами океана и повышения согласованности директивных мер, а также послужить стимулом для формирования коллективной глобальной ответственности в вопросах океана в рамках Повестки дня на период до 2030 года. В контексте задачи 14.c государства обязались более активно вести работу по сохранению и рациональному использованию океанов и их ресурсов путем соблюдения норм международного права, закрепленных в Конвенции⁷. Ключевыми элементами ускоренного продвижения к выполнению этой задачи будут расширение круга участников международных договоров, преодоление сложностей с их осуществлением, включая дефицит ресурсов и потенциала, укрепление межсекторального сотрудничества, координации и обмена информацией на всех уровнях и разработка новых документов в порядке своевременной реакции на возникающие вызовы (United Nations, 2019).

⁷ См. резолюцию 71/313 Генеральной Ассамблеи, приложение. В целях отслеживания прогресса в контексте задачи 14.c и показателя 14.c.1 Ассамблея призвала оценивать число стран, добившихся прогресса в ратификации, принятии и осуществлении, с использованием правовых, стратегических и институциональных рамок, правовых документов по вопросам Мирового океана, направленных на осуществление закрепленных в Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву норм международного права, касающихся сохранения и рационального использования Мирового океана и его ресурсов. Недавно была разработана новая методология оценки такого прогресса. Данные, которые будут собираться согласно утвержденной методологии, впервые предоставят исходную

5.2. Третье имплементационное соглашение к Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву о сохранении и устойчивом использовании морского биоразнообразия в районах за пределами действия национальной юрисдикции, находящееся в стадии рассмотрения

В контексте усилий, направленных на укрепление международно-правовой базы путем разработки новых документов, Генеральная Ассамблея созвала межправительственную конференцию для составления текста международного юридически обязательного документа о сохранении и устойчивом использовании морского биологического разнообразия в районах за пределами действия национальной юрисдикции. В частности, после десяти лет работы в рамках рабочей группы и Подготовительного комитета Ассамблея в своей резолюции 72/249 от 24 декабря 2017 года постановила созвать под эгидой Организации Объединенных Наций межправительственную конференцию с целью рассмотреть рекомендации учрежденного ее резолюцией 69/292 от 19 июня 2015 года Подготовительного комитета, касающиеся элементов международного юридически обязательного документа

на базе Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву о сохранении и устойчивом использовании морского биологического разнообразия в районах за пределами действия национальной юрисдикции, и составить текст этого документа, ориентируясь при этом на его скорейшее оформление.

В период с 2018 года по апрель 2020 года было проведено три основные сессии конференции, посвященные рассмотрению тем, которые были определены в согласованном в 2011 году пакете, а именно сохранение и устойчивое использование морского биологического разнообразия в районах за пределами действия национальной юрисдикции, в частности морских генетических ресурсов (в их совокупности и как единое целое), в том числе вопросы совместного использования выгод, такие меры, как зонально привязанные инструменты хозяйствования, включая морские охраняемые районы, оценки экологического воздействия, а также наращивание потенциала и передача морской технологии. Переговоры находятся на чрезвычайно важном этапе. Однако, к сожалению, в соответствии с решением 74/543 Генеральной Ассамблеи от 11 марта 2020 года проведение четвертой сессии, первоначально запланированной на март и апрель 2020 года, было отсрочено из-за пандемии COVID-19.

Справочная литература

- Aanesen, M., and others (2015). Willingness to pay for unfamiliar public goods: preserving cold-water corals in Norway. *Ecological Economics*, vol. 112, pp. 53–67.
- Altwater, Susanne, and others (2019). The need for marine spatial planning in areas beyond national jurisdiction. In *Maritime Spatial Planning: Past, Present, Future*, Jacek Zaucha and Kira Gee, eds., pp. 397–415. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98696-8_17.
- Barbier, Edward B. (2017). Marine ecosystem services. *Current Biology*, vol. 27, No. 11, pp. R507–R510. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.03.020>.
- Blasiak, Robert, and others (2018). Corporate control and global governance of marine genetic resources. *Science Advances*, vol. 4, No. 6. doi: 10.1126/sciadv.aar5237.

информацию о текущем положении дел с осуществлением Конвенции и исполнительных соглашений к ней в том, что касается сохранения и устойчивого использования океанов и их ресурсов. См. также Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea, Information note: development of a methodology for Sustainable Development Goal indicator 14.c.1, 4 October 2019.

- Blasiak, Robert, and others (2019). Scientists should disclose origin in marine gene patents. *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 34, No. 5, pp. 392–395.
- Blythe, J., and others (2020). Frontiers in coastal well-being and ecosystem services research: a systematic review. *Ocean and Coastal Management*, vol. 185, p. 105028. www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569119304703.
- Brander, L., and others (2007). The recreational value of coral reefs: a meta-analysis. *Ecological Economics*, vol. 63, No. 1, pp. 209–218.
- Campagne, Carole Sylvie, and others (2018). Looking into Pandora's box: ecosystem disservices assessment and correlations with ecosystem services. *Ecosystem Services*, vol. 30, pp. 126–136.
- Diaz, Sandra, and others (2018). Assessing nature's contributions to people: recognizing culture, and diverse sources of knowledge, can improve assessments. *Science*, vol. 359, No. 6373.
- Environmental Justice Foundation (2006). *Mangroves: Nature's Defence against Tsunamis: A Report on the Impact of Mangrove Loss and Shrimp Farm Development on Coastal Defences*. London: Environmental Justice Foundation.
- Feichtner, Isabel (2019). Sharing the riches of the sea: the redistributive and fiscal dimension of deep seabed exploitation. *European Journal of International Law*, vol. 30, No. 2, pp. 601–633.
- Firth, Antony (2015). *The Social and Economic Benefits of Marine and Maritime Cultural Heritage*. London: Fjordr Ltd., for the Honor Frost Foundation. ISBN 978-0-9933832-1-2.
- _____ (2018). *Managing Shipwrecks*. London: Honor Frost Foundation. ISBN 978-0-9933832-3-6.
- Fletcher, Ruth, and others (2014). Revealing marine cultural ecosystem services in the Black Sea. *Marine Policy*, vol. 50, pp. 151–161.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2018) = Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) (2018). *Состояние мирового рыболовства и аквакультуры, 2018: Достижение целей устойчивого развития*. Рим.
- Garcia Rodrigues, João, and others (2017). Marine and coastal cultural ecosystem services: knowledge gaps and research priorities. *One Ecosystem*, vol. 2, p. e12290. <https://doi.org/10.3897/one.eco.2.e12290>.
- Gee, Kira, and Benjamin Burkhard (2010). Cultural ecosystem services in the context of offshore wind farming: a case study from the west coast of Schleswig-Holstein. *Ecological Complexity*, vol. 7, No. 3, pp. 349–358.
- Gould, Richard A. (1983). Looking below the surface: shipwreck archaeology as anthropology. In *Shipwreck Anthropology*, pp. 3–22.
- Greaves, D., and others (2016). Environmental impact assessment: gathering experience at wave energy test centres in Europe. *International Journal for Marine Energy*, <http://doi.org/10.1016/j.ijome.2016.02.003>.
- Hanley, N., and others (2015). Economic valuation of marine and coastal ecosystems: is it currently fit for purpose? *Journal of Ocean and Coastal Economics*, vol. 2, No. 1, art. 1. <https://doi.org/10.15351/2373-8456.1014>.
- Harden-Davies, Harriet R. (2019). Research for regions: strengthening marine technology transfer for Pacific Island countries and biodiversity beyond national jurisdiction. In *Conserving Biodiversity in Areas beyond National Jurisdiction*, David Freestone, ed., pp. 298–323. Leiden, The Netherlands: Brill-Nijhoff.
- Harkin, K., and others (2020). Impacts of climate change on cultural heritage. *Marine Climate Change Impacts Partnership Science Review*, vol. 16, pp. 24–39.
- Hernandez B., and others (2007). Place attachment and place identity in natives and non-natives. *Journal of Environmental Psychology*, vol. 27, pp. 310–319.
- Hochard, Jacob P., and others (2019). Mangroves shelter coastal economic activity from cyclones. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 116, No. 25, pp. 12232–12237.

- Jackson, Emma L., and others (2015). Use of a seagrass residency index to apportion commercial fishery landing values and recreation fisheries expenditure to seagrass habitat service. *Conservation Biology*, vol. 29, No. 3, pp. 899–909. <https://doi.org/10.1111/cobi.12436>.
- Jeffery, Bill (2013). Reviving community spirit: furthering the sustainable, historical and economic role of fish weirs and traps. *Journal of Maritime Archaeology*, vol. 8, No. 1, pp. 29–57.
- _____ (2019). Global observing needs in the deep ocean. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, art. 241.
- Kämpf, J., and P. Chapman (2016). *Upwelling Systems of the World: A Scientific Journey to the Most Productive Marine Ecosystems*. Cham, Switzerland: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42524-5>.
- Kousky, Carolyn (2014). Informing climate adaptation: a review of the economic costs of natural disasters. *Energy Economics*, vol. 46, No. C, pp. 576–592.
- Leong, K.M., and others (2020). Beyond Recreation: When Fishing Motivations Are More than Sport or Pleasure. NOAA Administrative Report, No. H-20-05. <https://doi.org/10.25923/k5hk-x319>.
- Levin, L.A., and Maria Baker (2019). Grand challenge from the deep: opinion. *Ecomagazine*.
- Loring, P.A., and others (2019). Fish and food security in small-scale fisheries. In *Transdisciplinarity for Small-Scale Fisheries Governance*, pp. 55–73. Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-94938-3_4.
- Lyytimäki, Jari (2014). Bad nature: newspaper representations of ecosystem disservices. *Urban Forestry and Urban Greening*, vol. 13, No. 3, pp. 418–424.
- McCauley, Douglas J., and others (2015). Marine defaunation: animal loss in the global ocean. *Science*, vol. 347, No. 6219, p. 1255641.
- McCauley, Douglas J., and others (2018). Wealthy countries dominate industrial fishing. *Science Advances*, vol. 4, No. 8, <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau2161>.
- Mehvar, Seyedabdolhossein, and others (2018). Quantifying economic value of coastal ecosystem services: a review. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 6, No. 1, p. 5.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, D.C.: Island Press.
- Mohammed, Essam Yassin (2012). *Payments for Coastal and Marine Ecosystem Services: Prospects and Principles*. London: International Institute for Environment and Development.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (2015). *Draft Environmental Impact Statement on the Mikah Tribe Request to Hunt Grey Whales*. Silver Spring, Maryland, United States of America: NOAA.
- _____ (2020). *Makah Tribal Whale Hunt*. www.fisheries.noaa.gov/west-coast/makah-tribal-whale-hunt-chronology.
- Navrud, S., and others (2017). Chapter 5: Valuing marine ecosystem services loss from oil spills for use in cost-benefit analysis of preventive measures, pp. 124–137. In *Handbook on the Economics and Management of Sustainable Oceans*, P. Nunes, and others, eds. Cheltenham, United Kingdom: Edward Elgar Publishing.
- O'Hagan, A.M., and others (2015). Wave energy in Europe: views on experiences and progress to date, *International Journal for Marine Energy*, <http://doi.org/10.1016/j.ijome.2015.09.001>.
- Outeiro, Luis, and others (2017). The role of non-natural capital in the co-production of marine ecosystem services. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, vol. 13, No. 3, pp. 35–50.
- Pascual, Unai, and others (2017). Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 26, pp. 7–16.
- Pope, Kevin L., and others (2016). Fishing for ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, vol. 183, pp. 408–417.

- Rowland, Michael J., and Sean Ulm (2011). Indigenous fish traps and weirs of Queensland. *Queensland Archaeological Research*, vol. 14, pp. 1–58.
- Sanseverino, Isabella, and others (2016). *Algal Bloom and Its Economic Impact*. EUR 27905 EN. <http://doi.org/10.2788/660478>.
- Shackleton, Charlie M., and others (2016). Unpacking Pandora's box: understanding and categorising ecosystem disservices for environmental management and human wellbeing. *Ecosystems*, vol. 19, No. 4, pp. 587–600.
- Simas, T., and others (2014). Review of consenting processes for ocean energy in selected European Union member States. *International Journal for Marine Energy*, vol. 9, No. 2015, pp. 41–59.
- Spalding, Mark, and others (2014). The role of ecosystems in coastal protection: adapting to climate change and coastal hazards. *Ocean and Coastal Management*, vol. 90, pp. 50–57.
- Spalding, Mark, and others (2017). Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. *Marine Policy*, vol. 82, pp. 104–113.
- Spicer, W., and E. Mclsaac (2016). *A Study of Key Terms in Article 82 of the United Nations Convention on the Law of the Sea*, International Seabed Authority technical study, No. 5.
- Sumaila, U. Rashid, and others (2016). Fishing for the future: an overview of challenges and opportunities. *Marine Policy*, vol. 69, pp. 173–180.
- Tladi, D. (2015). The Common Heritage of Mankind and the Proposed Treaty on Biodiversity in Areas beyond National Jurisdiction: The Choice between Pragmatism and Sustainability, *Yearbook of International Environmental Law*, vol. 25, No. 1, p. 113.
- United Nations (2017a). Chapter 23: Offshore mining industries. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. Cambridge: Cambridge University Press Cambridge.
- _____ (2017b). Concept Paper: Partnership Dialogue 7: Enhancing the Conservation and Sustainable Use of the Oceans and Their Resources by Implementing International Law as Reflected in the United Nations on the Law of the Sea. The Ocean Conference 2017. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/14402Partnershipdialogue7.pdf>.
- _____ (2017c) = Организация Объединенных Наций (2017c). Океан и цели в области устойчивого развития в рамках Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Технические тезисы первой глобальной комплексной оценки состояния морской среды. Нью-Йорк.
- _____ (2019) = Организация Объединенных Наций (2019). Процесс подготовки к Конференции Организации Объединенных Наций 2020 года по содействию достижению цели 14 в области устойчивого развития «Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития». Записка Генерального секретаря (A/74/630), 24 декабря 2019 года.
- Van Putten, I.E., and others (2018). A framework for incorporating sense of place into the management of marine systems. *Ecology and Society*, vol. 23, No. 4, pp. 42–65. www.jstor.org/stable/26796884?seq=1#metadata_info_tab_contents.
- Whitmarsh, David (2011). *Economic Management of Marine Living Resources: A Practical Introduction*. Routledge.

Приложения

Приложение I
Изначальный
состав авторских
коллективов,
утвержденный
Бюро

Глава 1

Мария Жуан Бебианно, Ван Цзюйин, Ка Тхань Ву, Карлос Гарсия-Сото, Тимон Зелиньский, Илько-нида Калумпонг, Осман Ке Камара, Энрике Маршофф, Эсам Ясин Мохаммед, Хенн Оявезер, Пак Чхуль, Иления Рандрианарисуа, Ренисон Рува, Алан Симкок, Анастасия Страти, Санаэ Тиба, Джошуа Тухумвире, Йёрн Шмидт и Кэрен Эванс (Группа экспертов Регулярного процесса глобального освещения и оценки состояния морской среды, включая социально-экономические аспекты).

Глава 2

Мария Жуан Бебианно, Ван Цзюйин, Ка Тхань Ву, Карлос Гарсия-Сото, Тимон Зелиньский, Илько-нида Калумпонг, Осман Ке Камара, Энрике Маршофф, Эсам Ясин Мохаммед, Хенн Оявезер, Пак Чхуль, Иления Рандрианарисуа, Ренисон Рува, Алан Симкок, Анастасия Страти, Санаэ Тиба, Джошуа Тухумвире, Йёрн Шмидт и Кэрен Эванс (Группа экспертов Регулярного процесса глобального освещения и оценки состояния морской среды, включая социально-экономические аспекты).

Глава 3

Цяо Бин (координатор), Карлус Франсиску Андради, Нене Би Трас Бонифас, Карлос Гарсия-Сото (соведущий участник), Антонио Ди Натале, Тимон Зелиньский (соведущий участник), Инь Кэ Дун, Энрике Р. Маршофф (соведущий участник), Колин Моффат, Джослин Мпемба Казади, Паулу Антунис Орта, Хенн Оявезер, Ренисон Рува (ведущий участник), Уэнсуд Сеньягбето, Санаэ Тиба (соведущий участник), Секу Тидьян Бангура, Чжан Джан Ик, Мохаммад Захедур Рахман Чоудхури, Йёрн Шмидт (соведущий участник) и Кэрен Эванс (соведущий участник).

Глава 4

Чжан Джан Ик (координатор), Эндрю Ф. Джонсон, Осман Ке Камара (соведущий участник), Бен С. Малайянг, Ренисон Рува (ведущий участник), Тома В. Террьо, Йёрн Шмидт (соведущий участник) и Кэрен Эванс (соведущий участник).

Глава 5

Карлос Гарсия-Сото (координатор и ведущий участник), Ван Цзюйин (соведущий участник), Либби Джуэтт, Пол Дурак, Тимон Зелиньский

(соведущий участник), Анни Казнав, Ким Сун Ён, Ли Гуаньчэн, Игнейшус Ригор, Дейвид Хэлперн, Левке Цезар, Алиша Черипка, Чэн Лицзин, Зунке Шмидтко и Кэрен Эванс (соведущий участник).

Глава 6

Пак Чхуль (ведущий участник, ответственный за главу).

Глава 6А

Томас Малоун (координатор), Маурицио Аццаро, Пак Чхуль (ведущий участник, ответственный за главу), Кадзуаки Тадокоро, Майкл Торндайк, Расселл Хопкрофт и Ю Син Джэ.

Глава 6В

Лис Линдаль Йёргенсен (координатор), Христос Арванитидис, Силвана Н. Р. Берченаф, Лен Вандепитте, Джудит Гобин, Алан Дейдун, Ана К. М. ди Жезуш, Малколм Р. Кларк, Игор Кристину Силва Крус, Марина Кунья, Кармен Мифсуд, Кхак Бат Нгуен, Пак Чхуль (ведущий участник, ответственный за главу), Рейчел Пшеславски, Джейк Райс, Пол Снелгроув, Наталья Стрелкова, Леннерт Схеперс и Маруф Хоссайн.

Глава 6С

Томас Дж. Уэбб (координатор), Фернанда ди Оливейра Лана, Хироюки Мотомура, Франсиско Наваррете-Миер, Кхак Бат Нгуен, Хейзел Оксенфорд, Хенн Оявезер (ведущий участник, ответственный за подглаву), Пак Чхуль (ведущий участник, ответственный за главу), Клайв Робертс, В. Н. Сандживан, Муджекивис Д. Сантос, Трейси Саттон, Бурджу Бильгин Топчу, Майкл Торндайк и Мария Хосе Хуан-Жорда.

Глава 6D

Давид Люссо (координатор), Лусиану Далла Роза, Марта Зёффкер, Ирина Макаренко, Пак Чхуль (ведущий участник, ответственный за главу), Андре Силва Баррету, Метте Шерн-Маурицен и Кэрен Эванс (ведущий участник, ответственный за подглаву).

Глава 6Е

Камар Шуйлер (координатор), Кармен Мифсуд, Пак Чхуль (ведущий участник, ответственный за главу), Габриель Уэнсуд Сеньягбето, Андре Силва Баррету, Винай Удьявер, Максимилиан Хиршфельд и Кэрен Эванс (ведущий участник, ответственный за подглаву).

Глава 6F

Мартин Крайер (координатор), Игор Дебски, Мария Диаш, Пак Чхуль (ведущий участник, ответственный за главу), Клио Смолл, Грейм Тейлор, Росс Маклауд Уонлесс, Каролина Хазин и Кэрен Эванс (ведущий участник, ответственный за подглаву).

Глава 6G

Наир Сумиэ Ёкоя (совместный координатор), Ильконида Калумпонг (совместный координатор и соведущий участник), Хью Керкман (совместный координатор), Пола Бонтемпери, Филлип Да Силва, Кармен Мифсуд, Нахид Абдель Рахим Осман, Пак Чхуль (ведущий участник, ответственный за главу), Франсиана Пеллиццари, Элизабет Синклэр, Изабел Соса Пинту, Мариу Суарис, Санаэ Тиба (соведущий участник), Джон Уэст, Джейсон М. Холл-Спенсер и Хуан Хунхуэй.

Глава 7

Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу).

Глава 7A

Джулия Сигурт (координатор), Джудит Гобин, Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Роналду Кристофолетти, Патрисия Милославич и Кэрен Эванс (ведущий участник, ответственный за подглаву).

Глава 7B

Джудит Гобин (совместный координатор), Роналду Кристофолетти (совместный координатор), Мохаммед Абдалла, Фредерик Гишар, Фахад Ибрахим, Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Сергей Мединец, Анна Метаксас, Жозе Соту Роза Филью, Джулия Сигурт, Эванхелина Швиндт и Николь Уэбстер.

Глава 7C

Колин Д. Вудрофф (координатор), Фернанда ди Оливейра Лана, Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Дейвид Обура, Артур П. Уэбб и Кэрен Эванс (ведущий участник, ответственный за подглаву).

Глава 7D

Иан Батлер (координатор), Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Хейзел Оксенфорд, Кемрадж Парсрам, Алекс Роджерс, Раquel Силва Пейшоту, Кэрен Эванс (ве-

дущий участник, ответственный за подглаву) и Хироя Яmano.

Глава 7E

Эрик Кордес (координатор), Георгиос Казанидис, Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Малколм Р. Кларк, Себастьян Хенниге и Кэрен Эванс (ведущий участник, ответственный за подглаву).

Глава 7F

Колин Д. Вудрофф (координатор), Тимон Зелиньский (ведущий участник, ответственный за подглаву), Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Роналду Кристофолетти, Жозе Э. Мельберт, Пабло Мунис, Дейна Хант, Цяо Бин и Мориаки Ясухара.

Глава 7G

Хью Керкман (координатор), Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Ким Ги Хо, Пол Лэвери, Нахид Абдель Рахим Осман, Элизабет Синклэр, Санаэ Тиба (соведущий участник) и Константинос Топузелис.

Глава 7H

Жозе Соту Роза Филью (координатор), Колин Д. Вудрофф, Филлип Да Силва, Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Нахид Абдель Рахим Осман, Мариу Суарис, Санаэ Тиба (соведущий участник), Сеон Хеймер и Мохаммад Захедур Рахман Чоудхури.

Глава 7I

Джудит С. Уайс (координатор), Оскар О. Ирибарне, Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Луиш М. Пиньейру, Кэтрин Й. Э. Сегарра и Алан Симкок (ведущий участник, ответственный за подглаву).

Глава 7J

Лиза А. Левин (координатор), Джероэн Ингелс, Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Малколм Р. Кларк, Дж. Марри Робертс, Анна Метаксас, Бхавани Э. Нараянасвами, Питер Остер, Джошуа Т. Тухумвире (ведущий участник, ответственный за подглаву), Джейсон М. Холл-Спенсер, Расселл Хопкрофт и Мориаки Ясухара.

Глава 7K

Грэнт Р. Бигг (координатор), Маурицио Аццаро, Хью Гриффитс, Ильконида Калумпонг (ведущий

участник, ответственный за главу), Кэрен Эванс (ведущий участник, ответственный за подглаву) и Мориаки Ясухара.

Глава 7L

Малколм Р. Кларк (координатор), Анжелу Ф. Берндину, Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Дж. Марри Робертс, Бхавани Э. Нараянасвами, Пол Снелгроув, Джошуа Т. Тухумвире (ведущий участник, ответственный за подглаву) и Джейсон М. Холл-Спенсер.

Глава 7M

Джерозен Ингелс (координатор), Анжелу Ф. Берндину, Холли Бик, Пуньяслоке Бхадури, Томас Дальгрэн, Дэниел О. Б. Джоунз, Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Малколм Р. Кларк, Крейг Макклейн, Клифтон Нанналли, Пол Снелгроув, Джошуа Т. Тухумвире (ведущий участник, ответственный за подглаву), Дива Эймон и Мориаки Ясухара.

Глава 7N

Питер Крут (координатор), Майкл Веккьоне, Фернанда ди Оливейра Лана, Тимон Зелиньский (соведущий участник), Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Осман Ке Камара (соведущий участник), Джозеф Монтойя и Трейси Т. Саттон.

Глава 7O

Ана Коласу (координатор), Ангелика Брандт, Хироми Ватанабэ, Майкл Веккьоне, Ана Иларью, Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Томо Китахаси, Нуну Лоренсу, Бхавани Э. Нараянасвами, Имантс Джордж Приеде и Джошуа Т. Тухумвире (ведущий участник, ответственный за подглаву).

Глава 7P

Надин Ле Бри (координатор), Хироми Ватанабэ, Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Ана Коласу, Анна Метаксас, Параскеви Номику, Джулия Сигурт, Верина Танниклифф, Санаэ Тиба (ведущий участник, ответственный за подглаву) и Эльва Эскобар.

Глава 7Q

Хауард С. Дж. Роу (координатор), Ильконида Калумпонг (ведущий участник, ответственный за главу), Лоренс Келл, Брайан Лакхерст, Пак Чуль

(соведущий участник), Тэмми Уоррен и Дейвид Фристоун.

Глава 8A

Алан Симкок (координатор и ведущий участник, ответственный за главу), Остин Бекер, Марсело Бертеллотти, Роберт Бойзен, Джоан Бондарефф, Грегори Веттерау, Леандра Гонсалвис, Мигель Иньигес, Осман Ке Камара (соведущий участник), Пола Кинер, Дженна Ламфир, Кэндас Мей, Ангелики Н. Менегаки, Ишмаэль Менса, Эсам Ясин Мохаммед (соведущий участник), Танья О'Гара, Кристина Пита, Жан Эдмон Рандриантенаина, Режина Салвадор, Мария Сахиб, Анастасия Страти (соведущий участник), Жан-Клод Тибе и Энтони Чарлз.

Глава 8B

Майкл Мур (координатор), Дик Ветхак, Белла С. Галиль, Осман Ке Камара (соведущий участник), Эсам Ясин Мохаммед (соведущий участник), Алан Симкок (ведущий участник), Анастасия Страти (соведущий участник) и Мартин Эдвардс.

Глава 9

Карлос Гарсия-Сото (координатор и ведущий участник), Дениз Брайтберг, Ка Тхань Ву, Тимон Зелиньский (соведущий участник), Габриель Ибарра, Моника Кампильос, Патрисия Кастильо-Брисено, Ким Сун Ён, Рокси М. Колл, Мэттью Коллинз, Кэтлин Макиннес, Хон Саэнс (соведущий участник), Санаэ Тиба (соведущий участник), Бесс Уорд, Луиз Б. Ферт, Томас Фрёлихер, Кэрен Л. Хантер, Джейсон М. Холл-Спенсер, Дейвид Хэлперн, Кэрен Эванс (соведущий участник) и Ганиш Эснаола.

Глава 10

Томас Малоун (координатор), Арчис Амбулкар, Мария Жуан Бебианно (соведущий участник), Пола Бонтемпи, Ван Цзюйин (ведущий участник), Инь Кэ Дун, Майкл Кром, Харри Куоса, Джозеф Монтойя, Элис Ньютон, Япо Оссей, Жуан Саркис Юнис, Георгиос Силайос, Уокер Смит и Ларс Сонестен.

Глава 11

Пенни Влахос (координатор: металлы), Бьёрн Эйнар Грёсвик (координатор: углеводороды), Колин Ф. Моффат (координатор: стойкие органические загрязнители), Алан Симкок (координатор: радиоактивность; соведущий участник), Ларс

Сонестен (координатор: атмосферные осадки), Ида-Майя Хасселлёв (координатор: суда), Ральф Эбингхаус (координатор: фармацевтические препараты и средства личной гигиены), Бабаджиде Ало, Михалис Ангелидис, Робин Андерсон, Карлус Франсиску Андради, Эрик П. Ахтерберг, Мария Жуан Бебианно (ведущий участник), Арсунина Бера, Нене Би Трас Бонифас, Ван Цзюйин (соведущий участник), Исабель Наталья Гарсия Аревало, Хулио Эстебан Герра Массон, Мигел Каэтану, Ким Сук Хюн, Рейнер Ломанн, Кида Роза Нинсемон, Киссао Ньянди, О Джэ Рён, Моника Станкевич, Джошуа Т. Тухумвире (соведущий участник), Джудит Уайс, Хон Ги Хун и Цяо Бин.

Глава 12

Франсуа Гальгани (координатор: морской мусор), Алеке Стёфен-О'Брайен (координатор: сброс отходов), Арчис Амбулкар, Маурицио Аццаро, Мария Жуан Бебианно (ведущий участник), Арсунина Бера, Джоан Бондарефф, Ван Цзюйин (соведущий участник), Дик Ветхак, Пенни Вламос, Ка Тхань Ву (соведущий участник), Бьёрн Эйнар Грёсвик, Хью Гриффитс, Алан Дейдун, Дженна Джембек, Фернанда ди Оливейра Лана, Христос Иоакимидис, Ахмед М. Кавсер, Пола Кинер, Ирина Макаренко, Челси Рокман, Паула Собрал, Константинос Топузелис, Джошуа Т. Тухумвире (соведущий участник), Джудит Уайс, Мартин Хасселлёв и Камар Шуйлер.

Глава 13

Ка Тхань Ву (координатор и ведущий участник), Полетт Байноу, Маттьё де Схиппер, Чанг Минь Дуонг, Сильвен Монд, Туан Ле Нгуен, Рошанка Ранасингхе, Джошуа Т. Тухумвире (соведущий участник), Фрэнк Холл и Мэтт Элиот.

Глава 14

Ка Тхань Ву (координатор и ведущий участник), Мачоннаве Юбер Бакаи, Сэм Бентли, Нене Би Трас Бонифас, Аликс Виллемез, Робер Дапа, Лайонел Картер, Кэтрин Криз, Алан Симкок (соведущий участник), Уго Массон Фиальос, Реджина Фолоруншо и Георге Фтадеев-Брат.

Глава 15

Портер Хоугленд (координатор), Алида Банди, Меган Бейли, Лена Бергстрём, Эндрю Джонсон, Фернанда ди Оливейра Лана, Мануэль Идальго, Мелина Курантиду, Эктор Лосано-Монтес, Энри-

ке Маршофф (ведущий участник), Эсам Ясин Мохаммед (соведущий участник), Франклин Ормаса-Гонсалес, Хенн Оявезер (соведущий участник), Имантс Джордж Приеде, Иления Рандрианарисуа (соведущий участник), Закари Соху, Бурджу Бильгин Топчу, Линн Уотерхаус, Чжан Джан Ик, Йёрн Шмидт (соведущий участник) и Кэрен Эванс (соведущий участник).

Глава 16

Рохана Субасингхе (координатор), Педро Барон, Малколм Беверидж, Энрике Маршофф (ведущий участник), Дорис Олива и Ренисон Рува (соведущий участник).

Глава 17

Ильконида Калумпонг (координатор и ведущий участник), Пола Бонтемппи, Франсиана Пеллиццари, Ренисон Рува (соведущий участник), Ноэми Солар-Бачо, Изабел Соса Пинту, Адам Хьюз и Йёрн Шмидт (соведущий участник).

Глава 18

Педру Мадурейра (совместный координатор), Джеймс Р. Хайн (совместный координатор), Мария Жуан Бебианно (соведущий участник), Джорджо де ла Торре, Ана Коласу, Параскеви Номику, Луиш М. Пиньейру, Ричард Рот, Прадип Сингх, Анастасия Страти (соведущий участник) и Джошуа Т. Тухумвире (ведущий участник).

Глава 19

Амардип Дханджу (координатор), Арсунина Бера, Ханс-Петер Дамиан, Робер Дапа, Джорджо де ла Торре, Каку Йебуэ Серафен, Алан Симкок (соведущий участник) и Джошуа Т. Тухумвире (ведущий участник).

Глава 20

Ана Широич (координатор), Карлос Гарсия-Сото (соведущий участник), Сержью М. Жезуш, Джеймс Х. Миллер, Джон Хилдебранд и Кэрен Эванс (ведущий участник).

Глава 21

Таквор Сукиссиян (координатор), Джоан Бондарефф, Георгис Вугиукалакис, Карлос Гарсия-Сото (соведущий участник), Ларс Гольмен, Амардип Дханджу, Осман Ке Камара (соведущий участник), Вэлери Камминс, Эрик Мванги Нджороге, Джимми Мерфи и Анастасия Страти (ведущий участник).

Глава 22

Тома В. Террьо (координатор), Белла С. Галиль, Алан Дейдун, Грейм Инглис, Марни Л. Кэмбелл, Хенн Оявезэр (ведущий участник), Пак Чхуль (соведущий участник), Ренисон Рува (соведущий участник), Чэд Л. Хьюитт, Цяо Бин и Эванхелина Швиндт.

Глава 23

Роберт Бласяк (совместный координатор), Эллен Кенчингтон (совместный координатор), Хесус М. Арриета, Хорхе Рафаэль Бермудес-Монсальве, Борис Ваврик, Елена Виейра, Карлос Гарсия-Сото (соведущий участник), Эбе Диониси, Илькионида Калумпонг (соведущий участник), Санаэ Тиба (ведущий участник) и Шао Чанвэй.

Глава 24

Алан Симкок (координатор и ведущий участник), Карлос Гарсия-Сото (соведущий участник), Анинда Мазумдар, Аарон Микаллеф, Джозеф Монтойя, Кэтрин Й. Э. Сегарра, Джошуа Т. Тухумвире (соведущий участник) и Леонид Юрганов.

Глава 25

Кэрен Эванс (координатор и ведущий участник), Ка Тхань Ву (соведущий участник), Скиптон Вулли, Пирс Данстан, Ролан Кормье, Эсам Ясин Мохаммед (соведущий участник), Алан Симкок (соведущий участник), Элизабет Фултон, Йёрн Шмидт (соведущий участник) и Ванесса Штельценмюллер.

Глава 26

Алан Симкок (координатор и ведущий участник), Жарбас Бонетти, Ка Тхань Ву (соведущий участник), Леандра Гонсалвис, Столе Навруд, Маркус Полетт, Хулиан Ренья, Луис Селлирс и Кэрен Эванс (соведущий участник).

Глава 27

Пирс Данстан (координатор), Ка Тхань Ву (соведущий участник), Фредерик Гишар, Ана Кристина ди Жезуш, Мануэль Идальго, Илькионида Калумпонг (соведущий участник), Вэлери Камминс, Эктор Мануэль Лосано-Монтес, Чанда Л. Мик, Эсам Ясин Мохаммед (соведущий участник), Маркус Полетт, Джемма Пурандаре, Луис Селлирс, Анита Смит, Анастасия Страти (ведущий участник), Энтони Ферт, Квентин Хейнич, Кэрен Эванс (соведущий участник) и Майкл Эллиотт.

Глава 28

Лусиану Херманс (координатор), Денис Ворлнано Ахето, Адем Бильгин, Роберт Бласяк, Сесиль Брюжер, Войцех Вавжиньский, Ханс Ван Тилбург, Маринис Эймаэл Гарсия Шерер, Дебора Гривз, Владимир Жулкус, Осман Ке Камара (соведущий участник), Лу Вэньхай, Ирина Макаренко, Хуан Рамон Мартинес, Эсам Ясин Мохаммед (ведущий участник), Столе Навруд, Анита Смит, Анастасия Страти (соведущий участник), Рашид Сумайла, Катерина Уткина, Энтони Ферт, Йёрн Шмидт (соведущий участник) и Кэрен Эванс.

Приложение II
Состав
рецензентов
в разбивке
по порученным
им главам

Глава 3

Ли Чаолунь и Александер Турра.

Глава 4

Патрисио Берналь и Роберт Уотсон.

Глава 5

Ли Джэ Хак и Бронти Тилбрук.

Глава 6А

Джордж Виафе, Кристиан М. Наранхо, Мария Та-
пиа и Густаво Феррейра.

Глава 6В

Томас Г. Дальгрэн и Цай Вэньцзянь.

Глава 6С

Мирьям Лтеиф и Джоанн Морган.

Глава 6D

Тревор Брэнч и Эдуарду Р. Секки.

Глава 6Е

Мария Анжела Марковальди, Брайан Уоллас и
Хуан Хунхуэй.

Глава 6F

Марсело Бертеллотти, Дейвид Томпсон и Томас
Уэбб.

Глава 6G

Алан Критчли, Паулу Антунис Орта и Питер Эд-
вардс.

Глава 7А

Грегорио Бигатти и Рейчел Пшеславски.

Глава 7В

Катия Барбоза, Алехандро Бортолус, Рейчел
Пшеславски и М. М. Маруф Хоссайн.

Глава 7С

Джемма Пурандаре и Мигель Эстебан.

Глава 7D

Эль-Амин Мохаммед эль-Амин Абд эр-Рахман,
Катия Барбоза и Уилфорд Шмидт.

Глава 7Е

Марк Костелло, Надин Ле Бри и Питер Остер.

Глава 7F

Оскар Ирибарне и Жуан Маркиш.

Глава 7G

Пэт Хатчингс и Питер Эдвардс.

Глава 7H

Эль-Амин Мохаммед эль-Амин Абд эр-Рахман,
Денис Ахето и Шон Грин.

Глава 7I

Алехандро Бортолус и Дейвид Джонсон.

Глава 7J

Аарон Микаллеф и Пол Снелгроув.

Глава 7K

Робин Андерсон, Томас Г. Дальгрэн и Рассел
Тейт.

Глава 7L

Ван Чуньшэн и Кэрен Стокс.

Глава 7M

Георгиос Казанидис и Томо Китахаси.

Глава 7N

Ян Марцин Венславский и Сильвия И. Ромеро.

Глава 7O

Анна Метаксас и Пол Снелгроув.

Глава 7P

Синди Ли Ван Довер, Ван Чуньшэн и Чу Се Джон.

Глава 7Q

Робин Андерсон и Майкл Веккьоне.

Глава 8А

Марни Кэмбелл и Витор Мануэл Оливейра Ваш-
конселуш.

Глава 8В

Войцех Вавжиньский, Марисоль Вереда, Давид
Люссо, Грэнт Марри, Маркус Полетт и Питер
Хэррис.

Глава 9

Ли Джэ Хак и Бронти Тилбрук.

Глава 10

Нора Монтойя, Сунь Сун и Мицуо Уэмацу.

Глава 11

Андреа Вайсс, Исабель Наталья Гарсия Аревало,
Питер Лисс, Фани Сакеллариаду и Сунь Пэйянь.

Глава 12

Ли Даоци, Ли Джон Мюн, Кэра Л. Ло и Алессандро Турра.

Глава 13

Жарбас Бонетти Филью, Герт-Ян Рейхарт и Георгиос Силайос.

Глава 14

Жан Мари Бопе Бопе Лапвонг и Константина Сканавис.

Глава 15

Кристина Пита, Рашид Сумайла и Чун Сук Кын.

Глава 16

Патрисио Берналь и Лионель Даббади.

Глава 17

Алан Критчли и Хуан Хунхуэй.

Глава 18

Элейн Бейкер, Ван Чуньшэн и Ханс-Петер Дамиан.

Глава 19

Питер Хэррис и Марк Шримптон.

Глава 20

Исабель Наталья Гарсия Аревало, Дэниел Коста и Брюс Хау.

Глава 21

Эуджен Русу и Крейг Стивенс.

Глава 22

Алехандро Бортолус и Синтия Маккензи.

Глава 23

Габриель Уэнсуд Сеньягбето, Кеннет Халанич и Эльва Эскобар.

Глава 24

Луиш Пиньейру и Кэролин Раппел.

Глава 25

Нэтали Бэн, Бенджамин Хэлперн и Кен Энтони.

Глава 26

Чанда Мик и Катерина Уткина.

Глава 27

Нэтали Бэн и Метте Шерн-Маурицен.

Глава 28

Марьян Ван ден Белт, Режина Салвадор, Син Чхуль О, Винисиус Хальменшлагер и Долорес Элькин.

