

Новые морские технологии: проблемы и возможности

Комиссия по анадромным рыбам северной части Тихого океана (НПАФК)
Ванкувер, Британская Колумбия, V6C3B2, Канада, www.npafc.org

Материалы НПАФК для включения в доклад Генерального секретаря ООН
«Мировой океан и морское право»

В 2018–2022 годах Комиссия по анадромным рыбам северной части Тихого океана выполняла программу Международного года лосося (МГЛ), чтобы поддержать устойчивость как лосося, так и людей, которые от него зависят. Программа МГЛ включала ряд исследовательских тем и инициировала серию знаковых проектов, включая крупномасштабные комплексные морские экспедиции, обеспечившие заметный прогресс. Программа экспедиционных исследований была дополнена новыми подходами и технологиями, некоторые из которых применены в практике морских экспедиций впервые. В октябре 2022 года на заключительном симпозиуме МГЛ подведены итоги выполнения программы и рассмотрены перспективы дальнейшей деятельности НПАФК с целью разработки дорожной карты по обеспечению устойчивости лосося и человека до 2030 года.

Уровень усилий, необходимых для мониторинга всего бассейна северной части Тихого океана в течение четырех времен года, безусловно выходит за рамки возможностей существующих научно-исследовательских флотилий и современных подходов к мониторингу. Франциско Чавес, главный научный сотрудник Исследовательского института аквариума Монтерей-Бей (MBARI), обоснованно отмечает необходимость «значительно повысить нашу способность вести мониторинг и количественно оценивать, как и почему меняется жизнь в море». Он утверждает, что систематических глобальных усилий по наблюдению за жизнью в океане не предпринимается из-за отсутствия подходящих по масштабу методов.

Ученые НПАФК широко применяли инновационные технологии, чтобы понять состояние океана и со временем усовершенствовать параметры моделей океанских экосистем. К счастью, мы живем во время быстрых технологических изменений, когда развивающиеся методы дистанционного зондирования и новые беспилотные технологии могут обеспечить экономически эффективные решения. Современные технологии, в том числе глайдеры, дроны, автономные буи, спутники, рыбные метки, э-ДНК и системы управления данными, могут существенно дополнить существующие методы мониторинга. В перечень параметров океана, мониторинг которых возможен без непосредственного участия человека, входят температура, соленость, химический состав, освещенность, мутность, флуоресценция хлорофилла, концентрация растворенного органического вещества, э-ДНК и другие. Платформы, которые могут нести соответствующие датчики, становятся все более функциональными. Надводные корабли без экипажа (USV) готовы присоединиться к Глобальной системе океанических наблюдений. USV показали возможность работы при ураганном ветре, на всех широтах, при сильных течениях, при высоких волнах и в полужамкнутых морях. Парусные дроны — это USV, работающие на ветровой и солнечной

энергии, которые способны выполнять задачи по сбору данных об океане в течение 12 месяцев, наблюдая за Мировым Океаном в режиме реального времени.

Примером успешного USV является Ocean Aero от компании Triton, гибрид океанского глайдера и парусного дрона, который может работать в надводном или подводном режиме. Сегодня парусные дроны и океанские глайдеры могут нести гидроакустические устройства и проводить отбор проб э-ДНК, что в совокупности может стать основой для мониторинга биоразнообразия экосистем открытого океана. В открытом океане сочетание акустического профилографа на парусном дроне с буями-профилографами Argo (подповерхностные буи-профилографы, которые отслеживают температуру, соленость и характеристики течения) может помочь охарактеризовать условия обитания лосося, его кормовую базу и окружающую среду. Для прибрежных зон более традиционные установки стационарных исследовательских платформ в океане можно комбинировать с новыми технологиями глайдеров и парусных дронов. Важно отслеживать разработку и внедрение этих технологий. Проект OASIS в рамках Десятилетия наук об океане ООН (airseaobs.org) представляет сообщество специалистов, работающих в рамках программы GOOS над развитием технологии беспилотных океанских надводных платформ.

Дистанционное зондирование — это метод наблюдения, который позволяет ученым использовать излучательные свойства поверхности океана, измеряемые с помощью датчиков, прикрепленных к летательным аппаратам, таким как спутники или самолеты. Дистанционное зондирование уже позволяет измерять температуру поверхности моря (ТПМ) и продолжает совершенствоваться в области измерений основных параметров океана с высоким разрешением, что все в большей мере позволяет изучать механизмы, влияющие на продуктивность и распределение рыб. В течение следующих нескольких лет будут доступны и внедрены в сеть новые спутники, что значительно повысит разрешение, а новые датчики альтиметрии на этих спутниках произведут революцию в гидрологии. Дистанционное зондирование требует информации, полученной путем прямых наземных наблюдений, а также отбора проб и выполнения измерений непосредственно в море.

Мечение рыб является популярным подходом к изучению их распределения и миграций. Определение мест, где рыба находится в океане, и оценка ее состояния на протяжении всей жизни являются ключевыми требованиями для выяснения, как на нее повлияют изменения в океане. Подходы к мечению варьируются от простых физических меток, которые дают информацию о перемещении рыбы в момент ее поимки, до сложных электронных меток, которые могут архивировать или передавать информацию о местоположении рыб на спутники или транслировать в виде специальных радиосигналов. Акустические метки теперь достаточно малы, чтобы их можно было помещать на рыб, ~6 см, и их можно использовать для тестирования гипотез выживаемости в определенных местах и в определенное время жизни. Метки такого размера их можно применять ко всем лососям и использовать для изучения их миграции и выживаемости в водах материкового шельфа и склона. Предлагается схема исследований для основных запасов северо-восточной части Тихого океана, которую можно использовать для лосося и потенциально для других морских видов рыб и млекопитающих.

Спутниковые всплывающие метки, метки регистрирующие данные, которые передают данные через спутниковую систему Argos, теперь намного меньше и эффективнее. В сочетании с усовершенствованными алгоритмами определения местоположения, бортовыми вычислительными возможностями и быстро развивающимися группировками спутников они представляют собой инструмент, который следует учитывать при изучении распределения, миграции и поведения лосося и других рыб в открытом море. Fit-Chip — это геномная технология, которая позволяет по нелетальным образцам, таким как фрагменты жаберных лепестков, судить о физиологическом состоянии рыбы, а также о наличии патогенов и условиях окружающей среды, влияющих на нее. Это будет ценным инструментом продолжающихся исследований механизмов, определяющих выживаемость лосося. Состав стабильных изотопов, химических элементов и соединений в ежегодных приростах твердых частей тела рыб тоже могут использоваться для реконструкции перемещения рыбы в пространстве и времени, хотя это и не искусственные метки. Эти методы могут применяться для большинства, если не для всех морских видов.

МГЛ показал, что для эффективного решения исследовательских и управленческих вопросов в области сохранения морских ресурсов необходим интенсивный мониторинг. Тщательная организация хранения и обеспечение доступа к данным являются ключевым условием для дальнейшего развития новых методов и методик исследования. Несмотря на недавние успехи в удаленных и беспилотных технологиях, мониторинг и исследования с кораблей всегда будут оставаться важной частью любой программы, связанной с океаном. Сегодня передовые возможности для развертывания новых платформ и датчиков имеются во многих странах, агентствах, университетах и частном секторе. Для их объединения потребуются эффективное партнерство и соответствующий уровень финансирования.

Синхронизация обработки данных и образцов после полевых исследований также особенно важна при детальных исследованиях динамики экосистем. Методология комплексной морской экспедиции требует обмена данными между исследовательскими группами в режиме, близком к реальному времени, для получения полной картины функционирования и динамики экосистемы. Совместная работа в открытом море подтвердила необходимость разработки стандартов и протоколов обмена данными, связанными с лососевыми эпипелагическими экосистемами северной части Тихого океана, которые соответствуют принципам данных FAIR (находимость, доступность, совместимость и возможность повторного использования), и создания стандартных форматов данных, которые определяют основные океанские и основные биологические переменные для прибрежных районов и открытого океана. Экспедиционный исследовательский проект *«От бассейновых явлений до воздействия на прибрежные районы: система океанической разведки для рыб и человека»* (BESI), в основе которого лежит наследие МГЛ, может сыграть свою роль в удовлетворении этих потребностей. В настоящее время данные, собранные в ходе экспедиций МГЛ, доступны исследовательскому сообществу через портал мобилизации данных МГЛ (<https://international-year-of-the-salmon.github.io/about/>). Каталог данных содержит 113 наборов данных, предоставленных тридцатью одной ответственной организацией из стран-членов НПАФК.

Как и любая новая техника, новые платформы и датчики нуждаются в постоянных технических улучшениях и оптимизации схемы их развертывания. Для устройств, устанавливаемых на рыбах, проблемы миниатюризации и энергопотребления остаются важной задачей для разработчиков и дизайнеров.