ВЕСТНИК ЮЖНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА Том 10, № 2, 2014, стр. 34–43

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 504.002

ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ МОРСКОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ РОССИИ

© 2014 г. С.Л. Дженюк[1]

Поступила 04.10.2013

Организация информационного обеспечения морской деятельности зависит от областей применения информации, региональной специфики и уровней антропогенных нагрузок. Система комплексного мониторинга морских экосистем Арктики должна быть ориентирована на запросы морского транспорта (перевозок по Северному морскому пути), нефтегазового комплекса, военно-морского флота и природоохранной деятельности. Она должна основываться на представлениях о внешних и внутренних факторах воздействия на большие морские экосистемы и включать блоки среды, биоты и социально-экономических процессов. Исходя из этого формируется перечень информационных ресурсов и определяются приоритетные информационные технологии (специализированные и попутные судовые наблюдения, дистанционное зондирование, океанологические буи, анализ данных промысловой и социально-экономической статистики). На арктическом шельфе выделяются районы, различающиеся по климатическим условиям, видам и масштабам морской деятельности и, соответственно, по требованиям к организации мониторинга: юго-западная часть Баренцева моря, Печорское море, прибрежные воды Карского моря (включая Обскую губу и Енисейский залив) и высокоширотная область арктических архипелагов. Это районирование должно быть согласовано с единой государственной системой мониторинга окружающей среды, организованной по отраслевому и территориальному принципу. Данные дистанционного зондирования также требуют согласования с регламентированной системой контактного мониторинга.

Базы данных о морских экосистемах являются основой фоновых описаний и климатических прогнозов, необходимых для стратегического планирования морской деятельности. В совокупности с технологиями мониторинга они представляют собой информационные ресурсы, позволяющие снизить неопределенность оценок параметров морских экосистем на текущий момент времени. Данные мониторинга используются для описания текущего состояния экосистем и непрерывного обновления климатических оценок.

В настоящее время информационное обеспечение морской деятельности отстает от развития технологий мониторинга. Структура и функции органов управления меняются незначительно, сохраняются устаревшие регламенты информационного обмена, слабо координируется информационно-аналитическая деятельность. Оптимизация информационных ресурсов и технологий должна стать приоритетным направлением морского природопользования.

Ключевые слова: информатика, морская деятельность, арктический шельф, экосистемы, мониторинг, базы данных, прогнозирование.

ВВЕДЕНИЕ

Информационное обеспечение является необходимым, хотя и недостаточным условием любой управленческой деятельности. В первом приближении следует разграничить задачи оперативного управления, ориентированного на сохранение устойчивости управляемого объекта (предотвращение аномалий и устранение их последствий), и стратегического управления, целью которого является достижение заданных индикаторов. В оперативном управлении преимущественно используются данные комплексного мониторинга природно-экономических систем, в стратегическом – прогнозы социально-экономического развития, которые разрабатываются с учетом климатической динамики и ожидаемых уровней антропогенных нагрузок. В практике морского природопользования долгосрочные прогнозы обычно реализуются в форме ОВОС (оценок воздействия на окружающую среду) и СЭО (стратеги-

[1] Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (Murmansk Marine Biological Institute of the Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences), 183010, Мурманск, ул. Владимирская, 17; тел. (8152) 25-16-37, e-mail: dzhenyuk@mmbi.info

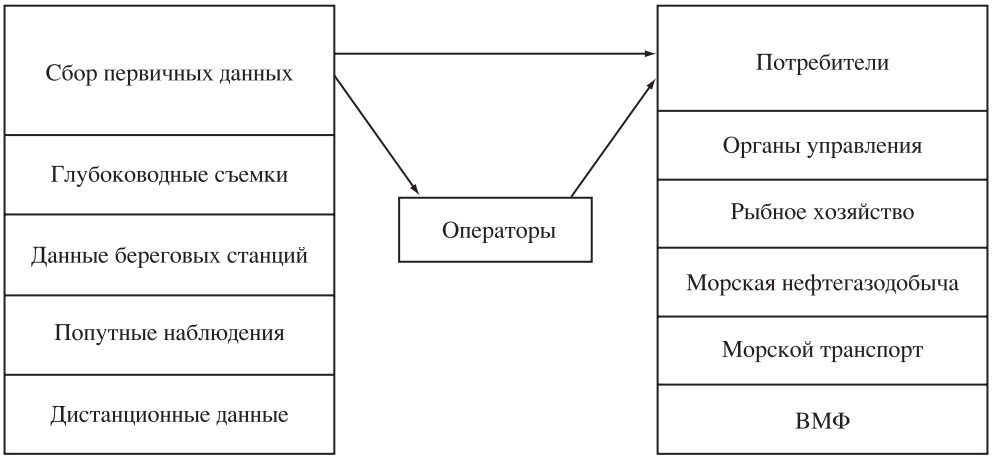

Рис. 1. Обобщенная схема информационного обеспечения морской деятельности

ческих экологических оценок) [1; 2]. Для этих оценок также обязательно наличие мониторинговых данных, которые используются в качестве начальных и граничных условий для модельных расчетов или экспертных заключений.

Взаимодействие операторов и потребителей океанологической информации (состоящей из текущих данных, климатических оценок, прогнозов) иллюстрируется простой схемой (рис. 1). Здесь предполагается, что в ряде случаев первичные данные могут непосредственно передаваться потребителям (многие из которых располагают собственными океанологическими подразделениями), но для создания научно-технической продукции, требующей комплексного анализа океанологической информации, необходима организация информационно-аналитических служб. В определенной мере эту работу выполняют территориальные органы Росгидромета, Министерства по чрезвычайным ситуациям, Министерства природных ресурсов и других ведомств, но ни один из них не может охватить весь круг задач, связанных с управлением морской деятельностью.

Для дальнейшего анализа целесообразно исходить из укрупненного перечня потребителей океанологической информации, показанного на рисунке 1. Здесь не показана в явном виде природоохранная деятельность, которая в целом замыкается на федеральные и региональные органы государственного управления. Все три основные отрасли морского хозяйства (рыбная промышленность, нефтегазодобыча, морской транспорт) в настоящее время развиваются на основе государственно-частного партнерства. Это отражается и на организации океанологического обеспечения. Так, еще в советский период хозяйствующие субъекты восполняли пробелы в централизованном гидрометеорологическом обеспечении собственными силами (проведение судовых и авиационных съемок институтами Минрыбхоза, организация гидрометеорологических партий на объектах Мингазпрома). Собственная система океанологического обеспечения действует в Военно-морском флоте. Это неизбежно приводит к дублированию информационных служб и конкуренции между ними. Вместе с тем такое разделение в определенной мере повышает надежность системы в целом (так, вынужденное сокращение деятельности Росгидромета на морях в определенной мере было компенсировано работами академических и отраслевых институтов).

Сводные данные о спросе на океанологическую информацию представлены в таблице 1. Здесь не разграничиваются фактические и прогностические данные. Предполагается, что любая информация, непосредственно поступившая от служб мониторинга, используется в качестве инерционного прогноза (потребитель принимает решение исходя из фактического состояния морской среды и экосистемы) или как исходные данные для расчетных оценок. Вся используемая информация должна быть представлена как текущими, так и средними многолетними (климатическими) параметрами.

Разработка любой схемы океанологического обеспечения начинается с интеграции в общегосударственную систему гидрометеорологического и экологического мониторинга или создания собственной тематической подсистемы. В обоих случаях необходимо оценить потребность в информации (по измеряемым параметрам, точности их определения, пространственно-временному разрешению, информационному лагу). На основе этого выбираются методы и технологии наблюдений и доведения информации до потребителя. Далее мы рассмотрим требования и подходы к морской информатике применительно к морям арктического шельфа, по которым в нашем распоряжении есть опыт

Таблица 1. Потребители океанологической информации и спрос на информационные ресурсы

Область применения	Информативные параметры	Пространственная привязка	Дискретность
Административное управление	Метеорологические параметры Ветровое волнение Ледяной покров Источники и объемы сбросов в морскую среду, концентрации загрязняющих веществ Численность и динамика населения в прибрежных зонах Данные промысловой статистики (запасы, квоты, выловы) Показатели морской деятельности (грузооборот портов, количество заходов судов, постановки шельфовых платформ) Наличие и количественные показатели ООПТ	Прибрежные зоны портово-промышленных комплексов, охраняемые территории и акватории	В реальном времени (для опасных гидрометеорологических явлений и экологических ситуаций); месячная, квартальная, годовая (для демографических и экономических показателей)
Рыбное хозяйство и марикультура	Метеорологические параметры Температура и соленость воды Ветровое волнение Ледяной покров Положение гидрологических фронтов Первичная продукция и концентрация фито- и зоопланктона	Открытые морские акватории, районы прибрежного рыболовства и размещения аквахозяйств	В реальном времени (для опасных гидрометеорологических явлений), суточная (океанологические параметры), месячная, сезонная (биологические параметры)
Морская нефтегазодобыча	Метеорологические параметры Температура и соленость воды Скорость и направление течений Ветровое волнение Ледяной покров Источники и объемы сбросов в морскую среду, концентрации загрязняющих веществ	Районы размещения платформ, трасс подводных трубопроводов, береговых терминалов и предприятий	В реальном времени (для опасных гидрометеорологических явлений и аварийных ситуаций), суточная (океанологические параметры)
Морской транспорт, ВМФ	Скорость и направление течений Ветровое волнение Ледяной покров	Районы судоходства, акватории портов и военно-морских баз	В реальном времени (для опасных гидрометеорологических явлений), суточная (океанологические параметры)
Природоохранная деятельность	Источники и объемы сбросов в морскую среду, концентрации загрязняющих веществ Видовой состав и обилие фито- и зоопланктона, бентоса Видовой состав и численность популяций морских млекопитающих, птиц	Прибрежные ООПТ, морские заповедники	В реальном времени (для опасных экологических ситуаций), сезонная, годовая

исследований и оценок [3; 4]. В целом они близки к требованиям и подходам, применяемым на других морях Мирового океана, но по ряду позиций должны читывать арктическую специфику.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОРСКОЙ ИНФОРМАТИКИ

Наиболее общим подходом к организации информационного обеспечения морской деятельности является экологический, или экосистемный, мониторинг (это терминологическое различие несущественно с точки зрения организации наблюдений и разработки информационных технологий). Он включает в себя следующий круг задач:

– прослеживание текущего состояния среды и выявление аномалий, нарушающих жизнедеятельность и хозяйственную деятельность;

– информационное обеспечение оценок глобальных и региональных климатических изменений;

– сопровождение крупных природно-хозяйственных систем (как, например, Северный морской путь) и промышленных проектов (освоение нефтегазовых месторождений шельфа, портовое строительство и др.);

– сбор и анализ информации, необходимой для обоснования природоохранных мероприятий.

Разработка информационной системы мониторинга должна начинаться с определения приоритетных направлений использования данных. Моря Российской Арктики существенно различаются

между собой по набору требований к информации, поэтому при выделении регионов мониторинга целесообразно отступить от общепринятых географических границ. В качестве таких регионов на арктическом шельфе выделяются: 1) незамерзающие или эпизодически покрытые льдом западная и центральная части Баренцева моря; 2) юго-восточная часть Баренцева моря (Печорское море); 3) районы Карского моря, прилегающие к трассе Севморпути, в том числе Байдарацкая и Обско-Тазовская губы, Енисейский залив; 4) северные части Баренцева и Карского морей, моря Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря, включая прибрежные зоны арктических архипелагов.

В незамерзающей части Баренцева моря система мониторинга первоначально была направлена на информационное обеспечение морского рыболовства, обороны морских границ и безопасности мореплавания. Позже к этому добавились контроль загрязнения морской среды и инженерно-экологическое сопровождение морского нефтегазового комплекса. Печорское море длительное время не представляло самостоятельного интереса. В 1970–1980-х гг. оно стало изучаться как часть Арктики, находящаяся под влиянием проектируемой переброски речного стока, а позже как район освоения нефтегазовых месторождений и транспортировки нефти и газа. Аналогично изменились приоритеты мониторинга Обской губы и Енисейского залива. Кроме того, устьевые области Печоры, Оби и Енисея рассматриваются как источник химического и радиационного загрязнения арктического шельфа.

В морях Восточной Арктики основной задачей мониторинга было и остается обеспечение морских перевозок по Севморпути гидрометеорологической и ледовой информацией. В самые последние годы повысился интерес к экологическим последствиям ледокольного плавания в условиях значительного сокращения площади и толщины ледяного покрова. Северные районы Карского и Баренцева морей и моря Восточной Арктики, за исключением дистанционного зондирования и полярных гидрометеорологических станций на побережьях и островах, до сих пор остаются вне системы морского мониторинга. В настоящее время в этой части Арктики наиболее актуален мониторинг ледяного покрова, приземного слоя атмосферы и водной толщи для выявления климатических тенденций, а также мониторинг биоценозов, находящихся в экстремальных условиях существования.

Белое море в географии морского мониторинга занимает неоднозначное положение. С одной стороны, оно безусловно относится к морям Северного Ледовитого океана, образуя единый бассейн и, как обосновано в монографии [4], единую большую морскую экосистему с Баренцевым морем. С другой стороны, по размерам, океанологическому режиму и характеру морской деятельности оно ближе к Балтийскому морю и южным морям России [5]. Здесь мы не исключаем Белое море из числа арктических морей ввиду его принадлежности к природно-экономической системе Севморпути, чем определяются многие требования к мониторингу.

Для Белого моря характерны концентрация населения, хозяйственной деятельности, объектов природного и культурного наследия на небольших участках прибрежной зоны, включая острова. В качестве приоритетных задач морского мониторинга можно выделить обеспечение безопасности судоходства, контроль экологической ситуации в устьевой области Северной Двины, оценку состояния биоресурсов прибрежной зоны, биологический мониторинг на заповедных и охраняемых участках побережья. Здесь, по сравнению с другими арктическими морями, в большей степени можно использовать данные береговых наблюдений, обеспечивающие адекватное описание климата, уровенного и ледового режимов, загрязнения наиболее уязвимых участков акватории, биоценозов литорали и прибрежных вод.

Методология и практика комплексного мониторинга окружающей среды хорошо согласуется с принципами управления большими морскими экосистемами. В отраслевой структуре мониторинга выделяются следующие области [6]:

– гидрометеорологический мониторинг;

– мониторинг источников и уровней загрязнения морских экосистем (“здоровья экосистем”);

– биологический мониторинг, включая его биоресурсную составляющую;

– мониторинг социально-экономических процессов.

В системе морского мониторинга особое место занимает дистанционное зондирование, не привязанное к определенным географическим регионам и обеспечивающее сводные данные о состоянии земной поверхности, во многих случаях не согласованные с информационными ресурсами наземного мониторинга. К числу объектов и показателей состояния земной поверхности, сведения о которых предназначены для многоцелевого использования в морской деятельности, относятся положение береговой линии (приливные осушки, ледяные берега, лагуны, песчаные косы и другие неустойчивые типы берегов), искусственные сооружения на побережьях и шельфах, внешние проявления аварий и природных катастроф (затопление местности, нефтяные разливы) и др. Такая информация не по всем признакам может считаться мониторинговой, так как предполагает совместное использование

Таблица 2. Информационное обеспечение системы мониторинга

Информативные параметры	Виды и средства наблюдений	Источники информации
Метеорологические параметры в прибрежной зоне	Стандартные метеорологические	Сайты российских и зарубежных метеоцентров, бюллетени, справочники
Температура и соленость воды	Специализированные и попутные судовые, измерения АБС	Базы данных БД и электронные атласы ММБИ, сайты ЕСИМО (единой системы информации о Мировом океане), публикации
Скорость и направление течений	Измерения АБС	Сайты ЕСИМО, публикации
Ветровое волнение	Дистанционное зондирование, радиолокационные судовые, измерения АБС	Сайты ЕСИМО, публикации
Ледяной покров	Дистанционное зондирование, попутные судовые (включая телеметрические измерения толщины льда)	БД ААНИИ и ММБИ, сайты ЕСИМО, ледовые атласы, публикации
Положение гидрологических фронтов	Дистанционное зондирование, специализированные и попутные судовые	Сайты ЕСИМО, публикации
Гидрохимические показатели и концентрации загрязняющих веществ	Отбор проб и экспресс-анализы на судах, лазерная локация нефтяных пленок, измерения АБС	БД ММБИ, сайты ЕСИМО, публикации
Источники и объемы сбросов в морскую среду	Дистанционные и судовые наблюдения	Федеральные и региональные доклады о состоянии окружающей среды, экологические сайты, публикации
Первичная продукция и концентрация фитопланктона	Дистанционное зондирование, специализированные и попутные судовые наблюдения	БД и фонды ММБИ, публикации
Видовой состав и обилие зоопланктона	Специализированные судовые наблюдения	БД и фонды ММБИ, публикации
Видовой состав и обилие бентоса	Специализированные судовые наблюдения, береговые сборы	БД и фонды ММБИ, публикации
Численность популяций морских млекопитающих	Береговые и судовые визуальные учеты	БД и фонды ММБИ, публикации
Численность популяций колониальных птиц	Авиационные, береговые и судовые визуальные учеты	БД и фонды ММБИ, публикации
Данные промысловой статистики (запасы, квоты, выловы)	Специализированные траловые съемки	Данные Росстата, Росрыболовства и международных организаций
Численность и динамика населения в прибрежных зонах		Данные Росстата, публикации
Показатели морской деятельности (грузооборот портов, количество заходов судов, постановки шельфовых платформ)		Данные Росстата, ведомственная статистика, публикации
Наличие и количественные показатели ООПТ		Федеральные и региональные доклады о состоянии окружающей среды, экологические сайты, публикации

Примечание. Здесь и в таблице 3: ААНИИ – Арктический и антарктический научно-исследовательский институт; АБС – автономные буйковые станции; БД – базы данных; ЕСИМО – единая система информации о Мировом океане; ММБИ – Мурманский морской биологический институт; ООПТ – особо охраняемые природные территории.

разных источников и обычно не стандартизована по форматам, повторности наблюдений, покрытию обозреваемых районов.

При тематическом использовании спутниковых данных они приводятся к форматам информационной продукции наземного мониторинга или по крайней мере должны получить однозначную привязку к ней [7]. В современной практике морского природопользования дистанционный мониторинг незаменим для прослеживания параметров ледяного покрова в открытом море (границ, сплоченности, векторов дрейфа и др.). Данные дистан-

ционного зондирования позволяют оперативно отслеживать аномалии ледовитости и положения кромки льда, по которым выявляются климатические тенденции в арктических морях и оцениваются перспективы использования ледокольного флота [8]. Быстро развивающейся областью применения спутниковых данных стали оценки первичной продукции морей по данным о концентрации хлорофилла *a* и фитопланктона. Другие наблюдаемые параметры (температура поверхности, ветровое волнение, уровень моря) используются в морской деятельности либо оперативно, либо опосредованно как исходные данные для прогнозирования и климатических описаний.

Контактные методы мониторинга, в отличие от дистанционных, развивались в соответствии с запросами на конкретные наборы данных, необходимые для определенных практических целей. Это относится прежде всего к технологиям гидрометеорологического мониторинга, которые в целом хорошо разработаны и удовлетворяют требованиям морского природопользования. Сеть наблюдений перекрывает все прибрежные зоны даже в условиях сокращения численности гидрометеорологических станций, особенно в высоких широтах Арктики, которое произошло в 1990-е годы. В это же время возник дефицит данных глубоководных гидрологических наблюдений. На Баренцевом море резко сократилось количество наблюдений на вековых и стандартных разрезах, некоторые из них не выполняются уже длительное время. Преемственность наблюдений сохраняется только на вековом разрезе по Кольскому меридиану. Вместе с тем в современной мировой практике пересматривается вся концепция океанологического мониторинга, в котором ведущее место теперь занимают наблюдения с использованием океанологических буев, дополненные данными дистанционного зондирования. На российских арктических морях эти методы еще не получили развития, тогда как в норвежском секторе Баренцева моря стационарные океанологические буи эксплуатируются уже длительное время.

Требования к экосистемному мониторингу арктических морей с учетом их природных условий и совокупности видов морской деятельности подробно изложены в нашей работе [6]. Здесь мы приведем их в обобщенном виде на основе опыта Мурманского морского биологического института и Арктического и антарктического научно-исследовательского института (табл. 2).

Рекомендации по организационному и технологическому построению системы мониторинга уже неоднократно предлагались в наших работах ([6; 9] и др.). Однако создание информационной системы, обеспечивающей реальное управление природопользованием, – задача, требующая объединения ресурсов (не только финансовых и материальных, но и кадровых, информационных, интеллектуальных) на межрегиональном и межведомственном уровнях. Здесь мы ограничимся рекомендациями, не требующими значительных затрат, но, по нашему мнению, способствующими оптимизации действующих систем мониторинга:

– унифицировать содержание региональных докладов о состоянии и охране окружающей среды в части контролируемых показателей (аномалии ледового и гидрологического режима, фоновое и локальное загрязнение среды по приоритетным ингредиентам, добыча биоресурсов, демографическая и медицинская статистика);

– обеспечить открытость информации о хозяйственной деятельности в Арктике, связанных с ней экологических проблемах и методах их решения;

– сопровождать публикацию данных экологического мониторинга сведениями о затратах на его проведение; систематически проводить анализ альтернативных схем мониторинга, обеспечивающих заданные показатели научно-технической продукции;

– обеспечить конструктивное взаимодействие органов государственного управления всех уровней с международными и российскими экологическими организациями в части сопровождения морских проектов (согласование планов действий, проведение конференций, взаимное оперативное информирование).

БАЗЫ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Океанологические информационные базы по морям России, сформированные до настоящего времени, охватывают лишь часть значимых параметров состояния морских экосистем и внешних факторов воздействия на них. Для информационного обеспечения фундаментальных исследований и обеспечения многочисленных запросов практики необходимо создание комплексных баз данных, охватывающих все аспекты жизнедеятельности морских экосистем.

Информационная база может быть признана состоятельной только при условии ее непрерывного пополнения (по возможности в режиме реального времени) текущей информацией в тех же форматах и с тем же пространственно-временным разрешением, что и ранее созданные массивы данных. Это требование в океанологии никогда не выполняется в полной мере. Наблюдения на стандартных разрезах охватывают только небольшую часть информативных параметров состояния экосистем, а регулярное их выполнение никто из участников

Таблица 3. Содержание базы данных о морских экосистемах

Информативные параметры	Источники информации	Наличие многолетних рядов наблюдений	Необходимость геоинформационного сопровождения
Метеорологические параметры в прибрежной зоне	Сайты российских и зарубежных метеоцентров, бюллетени, справочники	Есть	Да
Температура и соленость воды	Базы данных и электронные атласы ММБИ, сайты ЕСИМО, публикации	Есть	Да
Скорость и направление течений	Сайты ЕСИМО, публикации	Нет	Да
Ветровое волнение	Сайты ЕСИМО, публикации	Нет	Да
Ледяной покров	БД ААНИИ и ММБИ, сайты ЕСИМО, ледовые атласы, публикации	Да	Да
Положение гидрологических фронтов	БД ММБИ, сайты ЕСИМО, публикации	Да	Да
Гидрохимические показатели и концентрации загрязняющих веществ	БД ММБИ, сайты ЕСИМО, публикации	Нет	Да
Источники и объемы сбросов в морскую среду	Федеральные и региональные доклады о состоянии окружающей среды, экологические сайты, публикации	Да	Нет
Первичная продукция и концентрация фитопланктона	БД и фонды ММБИ, публикации	Нет	Да
Видовой состав и обилие зоопланктона	БД и фонды ММБИ, публикации	Нет	Да
Видовой состав и обилие бентоса	БД и фонды ММБИ, публикации	Нет	Да
Численность популяций морских млекопитающих	БД и фонды ММБИ, публикации	Нет	Да
Численность популяций колониальных птиц	БД и фонды ММБИ, публикации	Нет	Да
Данные промысловой статистики (запасы, квоты, выловы)	Данные Росстата, Росрыболовства и международных организаций	Да	Нет
Численность и динамика населения в прибрежных зонах	Данные Росстата, публикации	Да	Нет
Показатели морской деятельности (грузооборот портов, количество заходов судов, постановки шельфовых платформ)	Данные Росстата, ведомственная статистика, публикации	Да	Нет
Наличие и количественные показатели ООПТ	Федеральные и региональные доклады о состоянии окружающей среды, экологические сайты, публикации	Нет	Да

океанологических исследований в настоящее время не обеспечивает. Новые методы измерений более эффективны, но дают информацию, требующую дополнительной привязки к ранее сформированным базам данных.

В таблице 3 представлены требования к содержанию объединенной базы данных о морских экосистемах (на примере большой морской экосистемы Баренцева и Белого морей). Здесь принят за основу перечень источников информации в системе комплексного экологического мониторинга, содержащийся в таблице 2.

Реально созданные базы данных для арктических морей оформлены в виде электронных атласов, содержащих порейсовые массивы гидрологических данных и некоторые результаты их статистической обработки [10]. Объединенные наборы гидрофизических, гидрохимических и биологических параметров создаются путем наращивания атрибутивной части стандартных таблиц, в которых представлена информация по рейсам и станциям. Однако регламентированные методы описания биологических объектов в форматах, соответствующих океанографическим базам данных, в настоящее

время отсутствуют. Применение геоинформационных технологий ограничивается построением традиционных карт и разрезов. Существующее программное обеспечение не позволяет решать такие задачи, как группировка данных по нестандартным пространственным областям и временным интервалам, расчеты интегральных характеристик и комплексных показателей.

С позиций управления морским природопользованием, сформулированных в начале статьи, базы данных в единстве с мониторингом следует рассматривать как информационные ресурсы ОВОС и СЭО. Под информационными ресурсами понимаются все данные, позволяющие снизить неопределенность оценок практически значимых параметров морских экосистем на текущий момент времени. В терминологии, принятой в ОВОС и СЭО, их можно подразделить на ресурсы, используемые для фоновых оценок, и ресурсы мониторинга. Строго говоря, когда получено полное фоновое описание состояния морской среды, именно оно становится основным информационным ресурсом, и нет необходимости сохранять исходные материалы наблюдений. Однако на практике часто возникает необходимость в новых фоновых описаниях, более детализированных или полученных с использованием более поздних данных. С учетом этого первичные материалы наблюдений сохраняют определенную ценность, которая, однако, снижается по мере их старения.

Данные мониторинга входят в состав информационных ресурсов только при условии, что они доступны для потребителей и могут быть усвоены в сроки, не превышающие времени старения информации. По ним даются все оценки текущего состояния среды и дополняется ее фоновое описание. В правильно организованной системе мониторинга нет необходимости наращивать информационный фонд: поступающие данные замещают предыдущие в тех же форматах, а климатические нормы, экстремумы и функции распределения обновляются с учетом известной продолжительности рядов.

Информационные ресурсы фоновых оценок, в свою очередь, складываются из данных об относительно постоянных параметрах среды и вероятностного описания переменных параметров. К первым относятся астрономические и приливные константы, большинство геологических и геоморфологических данных, обобщенные характеристики биоценозов (принадлежность к определенным биогеографическим областям, продуктивность, видовое разнообразие, перечни доминирующих видов). Среди данных о геологическом строении и рельефе дна важным исключением из этой группы являются параметры, характеризующие верхний слой донных осадков, а также область литорали, сложенную подвижным материалом. Для фонового описания достаточна одна детализированная съемка или несколько повторных с последовательным заполнением “белых пятен”.

В целом российские арктические моря хорошо обеспечены информацией этой категории, однако может возникнуть необходимость в детальном описании небольших труднодоступных районов, которые ранее не представляли интереса и не были объектом исследования. Может стать актуальным сбор дополнительных фоновых данных по прибрежным участкам, на которых обнаружены россыпные месторождения минералов, планируется гидротехническое строительство или возникает необходимость введения охранного режима. Если это замерзающие изолированные заливы или проливы арктических архипелагов, для них, как правило, отсутствуют данные детальных промеров, негармонические постоянные приливов, биогеографические описания. Комплексная съемка такого района дает значительное приращение информационных ресурсов вследствие высокой степени неопределенности наличных данных.

Для переменных параметров среды информационные ресурсы могут быть признаны достаточными, если по ним поддаются достоверной оценке:

– нормы и экстремумы показателей состояния морских экосистем;
– наличие и масштабы суточных, сезонных и приливных циклов, а также их возможная асимметричность;
– наличие или отсутствие многолетнего тренда (на интервале не менее 30 лет);
– связность последовательных значений во временных рядах, полученных на разных интервалах временного осреднения (например, для метеорологических параметров – срочных, суточных, декадных, месячных) в форме корреляционной функции или как минимум интервалов корреляции;
– связность пространственных значений в форме радиусов корреляции.

Степень достоверности каждой из этих характеристик всегда относительна. Она всецело зависит от заданных требований к точности данных. Если временной ряд статистически устойчив и погрешности наблюдений, по которым получены статистические характеристики, пренебрежимо малы, неопределенность оценок текущего состояния среды совпадает с климатической изменчивостью рассматриваемых параметров. Данные мониторинга позволяют снизить ее до погрешности временного лага.

При проведении мониторинга создаются не новые, а обновленные массивы данных. Результаты

текущих наблюдений должны замещать существующие данные того же формата, относящиеся к предыдущему моменту или отрезку времени. Информационным ресурсом мониторинга является целостная система получения, обработки и доведения до потребителя данных об определенном показателе состояния среды. Выпадение любого звена полностью обесценивает систему как информационный ресурс. Ранее накопленная информация может сохранять определенную ценность для ретроспективного анализа и уточнения фоновых описаний, но утрачивает связь с текущим состоянием среды. Если разрыв временного ряда, случившийся по техническим, организационным или бюджетным причинам, оказался кратковременным, качество мониторинговых данных восстанавливается практически сразу по возобновлении потока информации, а достоверность фоновых оценок снижается. Степень этого снижения зависит от структуры временного ряда и требует самостоятельной оценки в каждом отдельном случае. Так, например, хорошо известные океанологам разрывы в вековых наблюдениях на баренцевоморском разрезе по Кольскому меридиану в 1914–1920 и 1942–1945 гг. в конечном счете не повлияли на достоверность статистических характеристик температуры и солености воды, так как показатели годового хода в данном ряду устойчивы, аномалии относительно невелики, вековой тренд в целом известен и поддается косвенной оценке по данным метеорологических наблюдений. К тому же, перерывы в многолетних сериях биологических наблюдений приводят к значительно большему снижению качества данных в силу высокой внутригодовой и межгодовой изменчивости соответствующих показателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В прикладной океанологии накоплен большой опыт теоретических и практических разработок по всем направлениям обеспечения морской деятельности. В целом эти задачи успешно решаются федеральными и региональными органами государственного управления при участии академических и ведомственных научных организаций. Однако во многих отношениях эта деятельность организована недостаточно эффективно, отстает от запросов, возникающих при освоении новых морских ресурсов и пространств, сопровождается избыточными затратами сил и средств при проведении океанологического мониторинга.

Для современного морского природопользования, как и для науки и общества в целом, характерно стремительное развитие технологий, особенно информационных, при сохранении многих традиционных подходов к организации исследований и мониторинга. За короткий срок на несколько порядков расширились возможности видеорегистрации, дистанционных наблюдений, скоростного доступа к информации, хранения неограниченно больших массивов данных. При этом структура органов управления и их функции меняются незначительно, сохраняются устаревшие регламенты информационного обмена, слабо координируется информационно-аналитическая деятельность. Современные представления о структуре и функционировании морских экосистем в целом остаются на уровне 1970-х–1980-х годов, что ограничивает возможности стратегического планирования морской деятельности.

Построение целостной системы океанологического сопровождения морской деятельности – задача, выходящая далеко за рамки данной работы. Но на первом этапе ее решения необходимо пересмотреть накопленный опыт и выработать принципы, на основе которых будут выполняться дальнейшие прикладные разработки. Отсутствие объединяющей научной концепции неизбежно приведет к бесполезным затратам на сбор и анализ первичных данных и засорению информационного пространства.

Статья подготовлена в рамках проекта 2013-1.2-14-512-0044 “Разработка научно-технических основ оценки биоразнообразия арктических морей России и принципов управления морским природопользованием с учетом современных климатических и антропогенных воздействий” Федеральной целевой программы “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2013 годы”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л. 2006. Эколого-географические проблемы морского природопользования. В кн.: *Океанологические и биологические исследования арктических и южных морей России (к 70-летию Мурманского морского биологического института).* Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 434–449.
2. Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л. 2007. Интегрированное управление природопользованием в шельфовых морях. *Известия РАН. Сер. геогр.* 3: 27–40.
3. Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л., Макаревич П.Р. 2011. Большие морские экосистемы шельфовых морей российской Арктики. В кн.: *Наземные и морские экосистемы*. Под ред. Г.Г. Матишова, А.В. Тишкова. М., изд-во “Paulsen”: 71–97.

4. Матишов Г.Г. (ред.). 2011. *Комплексные исследования больших морских экосистем России*. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 516 с.
5. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Бердников С.В., Ковалева Г.В., Викрищук А.Д. 2011. Риски реализации проектов геологоразведки и нефтедобычи в условиях сероводородной зоны Чёрного моря. *Вестник Южного научного центра.* 7 (1): 59–63.
6. Дженюк С.Л. 2009. Методология информационного обеспечения морского экосистемного мониторинга. В кн.: *Морские нефтегазовые разработки и рациональное природопользование на шельфе*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 367–387.
7. Дженюк С.Л. 2013. О совместном использовании данных дистанционного зондирования и контактных измерений в океанологии. В кн.: *Экология. Экономика. Информатика. Материалы конференции.* Т. 2. Ростов н/Д, изд-во ЮФУ: 178–181.
8. Жичкин А.П. 2012. Климатические колебания ледовых условий в разных районах Баренцева моря. *Метеорология и гидрология*. 9: 69–78.
9. Дженюк С.Л. 2005. К разработке концепции регионально-адаптированного экосистемного мониторинга. В кн.: *Экология и природопользование. Сборник статей*. Мурманск, изд-во Мурманского государственного педагогического университета: 22–37.
10. Матишов Г.Г., Дашкевич Л.В., Смоляр И.В., Зуев А.Н., Голубев В.А., Бердников С.В. 2005. Новые технологии архивирования данных и построения компьютерных морских климатических и биологических атласов. В кн.: *Современные информационные и биологические технологии в освоении ресурсов шельфовых морей*. Под ред. Г.Г. Матишова. М., изд-во “Наука”: 9–35.

INFORMATION ASPECTS OF MARINE ENVIRONMENT EXPLOITATION IN THE RUSSIAN ARCTIC SHELF AREAS

S.L. Dzhenyuk

Organization of information provision of maritime activities depends on information application areas, specific regional features, and anthropogenic pressure levels. The system of complex monitoring of the Arctic marine ecosystems should be oriented towards the demands of sea transport (transportation along the Northern Sea Route), oil and gas complex, naval forces, and nature conservation activity. It must be based on the ideas of external and internal factors of impact on large marine ecosystems and include environmental, biotic, and socio-economic blocks. Taking these into account, the list of information resources is formed and the priority information technologies are determined (observations on board research vessels and non-specialized ships, remote sensing, oceanic buoys, analysis of fishery and socio-economic statistics data). There are defined Arctic shelf areas different by climatic conditions, types and scales of maritime activity, and, consequently, by monitoring organization demands and requirements: the Southwestern Barents Sea, the Pechora Sea, the Kara Sea coastal waters (including the Ob and Yenisei Bays), and the Arctic archipelagoes high-latitude region. Such delineation must be coordinated with the united system of state environmental monitoring organized by economic and territorial principles. Remote sensing data also require coordination with the regulated system of the contact monitoring.

Databases on marine ecosystems are the core of background descriptions and climatic forecasts necessary for the strategic planning of maritime activity. Together with monitoring technologies they can be defined as information resources permitting to reduce an uncertainty of estimations of marine ecosystems’ parameters for the current time period. Monitoring data are used to describe the current state of ecosystems and for continuous update of climatic estimations.

Currently, the information provision of maritime activity lags behind the development of monitoring technologies. The structure and functions of management authorities change insignificantly, the out-of-date regulations of information exchange are preserved, and the information-analytical activity is coordinated insufficiently. The optimization of information resources and technologies should become the priority task and direction of marine environment exploitation and management.

Key words: informatics, marine activity, Arctic shelf, ecosystems, monitoring, databases, forecasting.

REFERENCES

1. Matishov G.G., Denisov V.V., Dzhenyuk S.L. 2006. [Ecological-geographical problems of marine nature exploitation]. In: *Okeanologicheskie i biologicheskie issledovaniya arcticheskikh i yuzhnykh morey Rossii (k 70-letiyu Murmanskogo morskogo biolocheskogo instituta.* [*Oceanological and biological investigations of the Russia Arctic and Southern Seas* (*to the 70th anniversary of the Murmansk Marine Biological Institute*)]. G.G. Matishov (ed.). Apatity, KSC RAS Publ.: 434–449. (In Russian).

2. Matishov G.G., Denisov V.V., Dzhenyuk S.L. 2007. [Integrated management of nature use in the shelf seas]. *Izvestiya RAN. Ser. geogr.* 3: 27–40. (In Russian).

3. Matishov G.G., Denisov V.V., Dzhenyuk S.L., Makarevich P.R. 2011. [Large marine ecosystems of the Russian Arctic shelf Seas]. In: *Nazemnye i morskie ecosystemy.* [*Land and marine ecosystems*]. G.G. Matishov, A.V. Tishkov (eds). M., "Paulsen" Editions: 71–97. (In Russian).

4. Matishov G.G. (ed.). 2011. *Kompleksnye issledovaniya bol'shikh morskikh ecosystem Rossii.* [*Integrated investigations of the Russian large marine ecosystems*]. Apatity, KSC RAS Publ.: 516 p. (In Russian).

5. Matishov G.G., Matishov D.G., Berdnikov S.V., Kovaleva G.V., Vikrischuk A.V. 2011. [The risks of geological survey and oil-and-gas production projects realization in conditions of hydrogen-sulphidous zone of the Black Sea]. *Vestnik Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra.* 7(1): 59–63. (In Russian).

6. Dzhenyuk S.L. 2009. [Methodology of the information supply of the marine ecosystem monitoring]. In: *Morskie neftegqazovye razrabotki i ratsional'noe prirodopol'zovanie na shelfe.* [Sea oil-and-gas development and rational nature management in the shelf area]. G.G. Matishov (ed.). Rostov-on-Don, SSC RAS Publ.: 367–387. (In Russian).

7. Dzhenyuk S.L. 2013. [On the combined use of remote sensing and contact measurements in oceanology]. In: *Ecologiya. Economika. Matematika. Materialy conferentsii.* Rostov-on-Don, SFU Publ., 2: 178–181. (In Russian).

8. Zhichkin A.P. 2012. [Climatic oscillations of ice conditions in different areas of the Barents Sea]. *Meteorologiya i gidrologiya*. 9: 69–78. (In Russian).

9. Dzhenyuk S.L. 2005. [On the elaboration of concept of region-adapted ecosystem monitoring]. In: *Ecologiya i prirodopol'zovanie. Sbornik statey.* [*Ecology and nature management. Collection of papers*]. Murmansk, Murmansk State Pedagogical University Publ.: 22–37. (In Russian).

10. Matishov G.G., Dachkevich L.V., Smolyar I.V., Zuev A.N., Golubev V.A., Berdnikov S.V. 2005. [New technologies of the data archivating and construction of the computer sea climatic and biological atlases]. In: *Sovremennye informatsionnye i biologicheskiye technologii v osvoenii resursov shelfovykh morey.* [*Modern information and biological technologies in developing resources of the shelf seas*]. G.G. Matishov (ed.). M., "Nauka" Publ.: 9–35. (In Russian).