

УДК 504.002

К ОБОСНОВАНИЮ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА МОРЕЙ ЗАПАДНОЙ АРКТИКИ

С.Л. Дженюк

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

Аннотация

Обсуждаются состояние и перспективы развития системы океанологического мониторинга с позиций информационной концепции. Изложены требования к информационному обеспечению в различных отраслях морской деятельности, сформирован перечень индикаторов устойчивого развития больших морских экосистем Арктики. Сопоставлены возможности использования контактных и дистанционных данных для получения информации об океанологических параметрах. Даны рекомендации по организации системы мониторинга.

Ключевые слова:

мониторинг, Западная Арктика, морская среда, экосистема, индикатор, контактные методы, дистанционное зондирование.



Задачи организации комплексного океанологического мониторинга постоянно включаются в академические и федеральные научные программы, представлены в тематике научных конференций, рассматриваются в обзорах состояния окружающей среды. Тем не менее, целостная методология мониторинга до настоящего времени не разработана. Больше того, понимание мониторинга в определенной мере регрессирует. Свыше 20 лет назад были предложены научно-методические принципы, которые легли в основу Единой государственной системы экологического мониторинга и хорошо резюмируются в определении, данном авторами этой концепции [1]:

«экологический мониторинг представляет собой систему регламентированных наблюдений с запрограммированным пространственным, временным и компонентным разрешением, оценки и прогнозирования состояния природной среды и природных ресурсов, включая биотическую составляющую, а также антропогенного воздействия».

С точки зрения организации мониторинга ключевые требования здесь: разработка регламентов наблюдений, а также стандартизация их разрешения по объектам (или показателям состояния среды) в пространстве и во времени. Если требования первой группы, как правило, строго контролируются, то вторая – часто остается без внимания. Показательно, что в работе [2], близкой по постановке задач к теме представленной статьи, авторы приводят более примитивное определение: «мониторинг – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов».

Из указанной формулировки выпали требования к пространственному, временному и покомпонентному разрешению, что представляется не случайным упущением, а существенным недостатком, обесценивающим многие результаты наблюдений. Это особенно важно для интерпретации дистанционных данных, которые запрограммированы не запросами на информацию, а параметрами космических аппаратов и их орбитального движения. Пользователи спутниковых данных вынуждены подстраиваться к потоку информации, неоднородной по освещаемым характеристикам, временным интервалам и пространственному усреднению. В значительной степени это относится и к усвоению данных судовых наблюдений.

Специализированное или попутное судно – платформа, предназначенная для сбора данных из разных тематических областей, не совпадающих по масштабам изменчивости. Так, например, сетки стандартных гидрологических разрезов разработаны исходя из требований к построению полей температуры воды и совсем не обязательно оптимальны для описания гидрохимических и гидробиологических параметров.

Подобные ограничения можно преодолеть с использованием информационной концепции мониторинга, основанной на вероятностной интерпретации мониторинговых данных [3, 4]. Предполагается, что для любого выделенного объекта мониторинга должна быть предварительно задана модель временного ряда, полученная по результатам ранее выполненных наблюдений, косвенных расчетов или экспертных оценок. В ходе мониторинга эта модель корректируется, вырабатываются дополнительные требования к методам и средствам наблюдений, пространственной и временной дискретности. Важно то, что в практике морской деятельности (как и любой другой) используются не собственно данные наблюдений, а результаты их интерпретации, хотя во многих случаях это делается интуитивно (наиболее очевидный пример – использование данных с определенным временным лагом, когда предполагается, что изменениями состояния объекта за время прохождения информации можно пренебречь).

Автором было предложено [3] определение мониторинга, ориентированное только на его информационные аспекты: «с позиций информационной концепции мониторинг окружающей среды представляет собой систему сбора, обработки, интерпретации и распространения данных, организованную в соответствии с запросами потребителей».

Здесь приоритет отводится спросу на мониторинговые данные, в отсутствие которого любая подсистема мониторинга полностью обесценивается. Запросы органов управления разного уровня и всех других потребителей информации определяют содержание информационных потоков и баз данных, а те, в свою очередь, зависят от требований к методам, средствам и организации наблюдений. Вместе с тем при таком подходе возникает противоречие между инерционностью действующих подсистем (что часто оправдывается необходимостью поддержания длительных рядов наблюдений) и меняющимися запросами практики.

В работе [3] выделены две основных области применения мониторинговых данных: 1) административное управление и хозяйственная деятельность; 2) экологическое и географическое образование. Очевидно, что коммерциализации поддается только первая из них. Во всех звеньях государственного управления в принципе должна быть доступна любая информация, полученная государственными службами мониторинга. На практике в этом мало заинтересованы обе стороны: службы мониторинга строго ограничивают свои функции конкретным заказом, а управленцы стремятся сократить все потоки информации, в том числе и океанологической, до минимально необходимых. Такой подход правомерен, если задача администратора сводится к «управлению по отклонениям»: предполагается, что управляемый объект и окружающая его среда должны оставаться в пределах нормы по определенному набору параметров (фазовому пространству), и реагировать необходимо только на случаи выхода за пределы фазового пространства. В этом случае научно-техническая продукция мониторинга (НТП) должна отвечать минимальным требованиям, общим для всех потребителей: быть компактной, наглядной и доступной для понимания. Такому требованию отвечают сведения об аномалиях гидрометеорологических показателей, соответствующие критериям опасных (ОЯ) и особо опасных (ООЯ) явлений, а также о концентрациях загрязняющих веществ, превышающих предельно допустимые (ПДК). Например, при мониторинге загрязнения морской среды практическую ценность имеют только данные об уровнях, близких к ПДК (акватории, удаленные от источников воздействия или, наоборот, с постоянной высокой нагрузкой, не требуют систематического контроля).

Из этих соображений мы рекомендовали экологическое зонирование морских акваторий с выделением чистых, загрязненных, находящихся под угрозой загрязнения и неосвещенных зон [5]. В качестве критерия выделения чистых зон предлагался показатель $X \leq (ПДК - \sigma_x)$,

где X – содержание приоритетного загрязняющего вещества, σ_x – стандартное отклонение, полученное по совокупности определений, выполненных в однородных гидрометеорологических условиях. Для X_n , нормированных на ПДК, более наглядным и столь же объективным представляется критерий $X_n \leq 0.7$. Высокие уровни загрязнения варьируют значительно сильнее, и для них целесообразно установить границу $X_n \geq 2.0$ ПДК (на практике этот подход уже реализован применительно к водоемам суши, но для них критерии высокого и экстремально высокого загрязнения намного выше – до 10 и 100 ПДК соответственно). Приведенный пример свидетельствует, что мониторинг, ориентированный на запросы органов управления, должен быть гибким: пространственно-временное разрешение необходимо варьировать в зависимости от степени воздействия объекта мониторинга на морскую деятельность. Такой подход не согласуется с организацией контактного океанологического мониторинга, которая предполагает жестко регламентированные сетки и дискретность наблюдений. Спутниковые данные для управления по отклонениям более информативны, так как позволяют выделять из потока разнородной информации объекты и процессы с аномальными состояниями (например, смещения кромки льда, распространение нефтяного загрязнения).

Принципиально другой подход к использованию НТП необходим для стратегического управления, при котором требуется не только контролировать текущее состояние объекта, но и программировать его изменения в желательном для общества направлении. К этой подгруппе потребителей относятся, помимо высших должностных лиц и их штабных подразделений, и общественные организации (национальные и международные), если они используют информацию для подготовки экологических сценариев и лоббирования законодательной деятельности или конкретных управленческих решений. Разработка стратегических документов тоже требует избирательного усвоения информации, но только на заключительном этапе. В ходе создания НТП первичные данные должны быть максимально доступны для любых видов обработки.

Использование НТП для принятия экономических решений, как правило, более конкретно, чем в сфере управления, и достаточно специфично в каждой отрасли народного хозяйства. Морской рыбный промысел использует в оперативных целях данные о метеоусловиях, температуре воды, ледяном покрове, показателях состояния промысловых популяций. Для стратегического планирования нужны еще сведения о морской экосистеме на всех ее трофических уровнях. В этой отрасли исторически сложилась автономная система океанологического мониторинга, в определенной мере альтернативная деятельности Росгидромета и академических институтов.

Для морского транспорта приоритетна оперативная информация, связанная с обеспечением безопасности мореплавания: данные о ветровом волнении, ледяном покрове, течениях, колебаниях уровня воды в прибрежных зонах. В стратегическом планировании востребованы главным образом данные о тенденциях изменений ледяного покрова, что всецело определяет возможности свободного или ледового плавания по Севморпути в разные сезоны. Это распространяется и на операции надводных судов ВМФ (обеспечение подводного плавания было и остается самостоятельной задачей, автономной от общегосударственной системы мониторинга).

Гидрометеорологическое обеспечение нефтегазодобычи на Арктическом шельфе сходно с обеспечением судоходства по набору параметров, но требует большей детализации в пространстве и времени. Повышенные требования предъявляются к экологическому сопровождению шельфовых проектов на всех этапах их реализации. Характерные для современной экономической ситуации переносы сроков реализации проектов приводят к тому, что ранее собранные климатические и экологические данные успевают устареть, и поэтому приоритетной задачей стратегического планирования становится прогноз изменений природного фона к моменту начала эксплуатации месторождения. Министерство природных ресурсов и нефтегазовые компании во многих случаях создают собственные

гидрометеорологические и инженерно-экологические подразделения, но значительную часть мониторинговых данных получают по договорам с другими службами.

Приведенные соображения достаточны для того, чтобы оценить трудность создания оптимальной системы мониторинга, в которой затраты каждого из операторов и потребителей должны приносить реальный эффект, поддающийся экономической оценке. При этом необходимо учитывать интересы ныне действующих учреждений и специалистов, для которых внедрение новых методов мониторинга может означать потерю поля деятельности и рабочих мест.

Ранее в публикациях были подробно рассмотрены требования к информационному обеспечению экологического мониторинга морей и прибрежных зон [3, 6], описанию больших морских экосистем (БМЭ) [5], экологическому сопровождению морского нефтегазового комплекса [7]. На этой основе был сформулирован перечень индикаторов устойчивого развития арктических БМЭ и требований к их получению, что совпадает с заданием набора требований к системе океанологического мониторинга (табл.). Как следует из этого перечня, основным средством мониторинга остаются контактные измерения (наземные береговые и судовые глубоководные). Данные дистанционного зондирования недостаточны для закрытия всех тематических областей, хотя по некоторым позициям стали приоритетными.

Индикаторы устойчивого развития арктических больших морских экосистем
и требования к их получению

Индикаторы	Средства наблюдений	Пространственно-временное разрешение
Метеорологические параметры прибрежной зоны (температура воздуха, осадки, скорость ветра)	Стандартные метеорологические	Репрезентативные морские гидрометеостанции с рядами наблюдений не менее 30 лет
Гидрофизические параметры водной толщи (температура и соленость воды, гидрооптические показатели)	Специализированные и попутные судовые измерения автономных буйковых станций (АБС), дистанционное зондирование поверхности моря	Представление данных по горизонтам и их осреднение по водной толще на репрезентативных разрезах
Скорость и направление течений	Измерения АБС	Эпюры течений на граничных разрезах морей и в репрезентативных точках (на фронтальных зонах, в струях постоянных течений)
Водообмен на границах БМЭ	Измерения АБС, гидрологические съемки на граничных разрезах (для расчетов динамическим методом)	Объемы переноса вод по всей толще и по выделенным слоям с годовым и помесечным осреднением
Ледяной покров (ледовитость, положение кромки льда и припая, скорость дрейфа, толщина льда)	Дистанционное зондирование, попутные судовые (включая телеметрические измерения толщины льда)	Интегральные показатели по морской акватории, ледообмен через границы БМЭ, показатели в репрезентативных точках с годовым и месячным осреднением)
Положение гидрологических фронтов	Дистанционное зондирование, специализированные и попутные судовые	Показатели сезонной динамики и межгодовой изменчивости

К обоснованию комплексной системы мониторинга морей Западной Арктики

Индикаторы	Средства наблюдений	Пространственно-временное разрешение
Поступление речного стока	Гидрологические измерения в замыкающих створах рек	Среднегодовые и помесячные данные
Гидрохимические показатели и концентрации загрязняющих веществ	Отбор проб и экспресс-анализы на судах, лазерная локация нефтяных пленок, измерения АБС	Сведения о естественных гидрохимических аномалиях и уровни антропогенного загрязнения с приоритетом ингредиентов и акваторий с уровнями от 0.7 до 2.0 ПДК
Источники и объемы сбросов в морскую среду	Дистанционные и судовые наблюдения	Интегральные данные по морским бассейнам с годовым осреднением
Первичная продукция и концентрация фитопланктона	Дистанционное зондирование, специализированные и попутные судовые наблюдения	Пространственные распределения в пределах БМЭ
Видовой состав и обилие зоопланктона	Специализированные судовые наблюдения	Интегральные показатели биоразнообразия, сезонная динамика пространственных распределений биомассы
Видовой состав и обилие бентоса	Специализированные судовые наблюдения, береговые сборы	Интегральные показатели биоразнообразия, сезонная динамика пространственных распределений биомассы
Численность популяций морских млекопитающих	Береговые и судовые визуальные учеты	Сезонная динамика пространственных и линейных (вдольбереговых) распределений численности
Численность популяций колониальных птиц	Авиационные, береговые и судовые визуальные учеты	Сезонная динамика пространственных и линейных (вдольбереговых) распределений численности
Данные промысловой статистики (запасы, квоты, выловы)	Специализированные траловые съемки	Сводные данные по рыбопромысловым районам, приведенные к границам БМЭ, с годовым и помесячным осреднением
Численность и динамика населения в прибрежных зонах	Текущий статистический учет	Показатели в границах регионов и населенных пунктах
Показатели морской деятельности (грузооборот портов, количество заходов судов, постановки шельфовых платформ)	Текущий статистический учет	Показатели по морским портам и обобщенные по морским акваториям в границах БМЭ
Наличие и количественные показатели ООПТ (в % от общей площади акваторий и длины побережий).		Интегральные показатели в границах БМЭ

Особенности совместной интерпретации контактных и дистанционных данных были изложены нами в общей постановке в работе [8]. Для каждого отдельно взятого показателя морской среды и биоты это требует самостоятельного анализа, во многих случаях на уровне полномасштабного исследовательского проекта. Так, в период 1970–1980-х гг., когда на Баренцевом море проводились регулярные авиасъемки температуры поверхности воды с использованием ИК-радиометров, выполнен цикл методических работ по сопоставлению результатов контактных и дистанционных измерений [9–11]. Устанавливались зависимости разности показаний судовых и авиационных ИК-радиометров от температуры поверхности моря, разности температур вода-воздух, скорости ветра, наличия нефтяной пленки. С прекращением авиационных съемок в начале 1990-х гг. результаты этих исследований утратили практическую значимость. Но и в период регулярных наблюдений она была не очевидна, поскольку для интерпретации авиационных наблюдений были необходимы сведения о метеорологических параметрах по всему маршруту съемки, что недостижимо при существующих средствах мониторинга. При этом авиационные съемки могут планироваться в зависимости от спроса на информацию, наличия параллельных контактных наблюдений и синоптической обстановки. В отличие от этого, спутниковые данные полностью запрограммированы орбитальными параметрами космического аппарата.

Применение средств дистанционного зондирования для мониторинга океанологического и ледового режима рассмотрено в обзорных работах [12, 13]. В работе [12] приведены данные о технических средствах и некоторых результатах спутниковых измерений температуры поверхности океана (ТПО), уровней и ветрового волнения. Проблемы вероятностной интерпретации здесь не затрагиваются, и авторы признают, что возможности совместного анализа дистанционных, контактных и расчетных данных крайне ограничены. Показательны в этом отношении сопоставительные картосхемы распределения температуры поверхности моря, полученные по данным судового STD-зондирования и спутниковых измерений в Карском море (рис. 1). По мнению авторов, положение фронтальных зон на полигонах хорошо согласовано, а расхождения в значениях ТПО лежат в пределах ошибки измерений спутника (0.3–0.5 °С). В отношении фронтальных зон вывод не очевиден, поскольку на рис. 1а можно видеть хорошо выраженное обострение градиента с широтным простиранием между 73 и 75° в.д., тогда как на рис. 1б градиентная зона выражена слабее и ориентирована скорее по меридиану. Значительно расходятся положения локальных максимумов и минимумов ТПО.

По-видимому, в данном случае и нельзя было рассчитывать на лучшее совпадение, поскольку поля ТПО, полученные двумя способами, не могут быть синхронными. Авторы не дали пояснений к спутниковой карте, которая либо получена одновременно (в этом случае можно и нужно указать срок наблюдения), либо синтезирована из нескольких снимков. Полигонная съемка с STD-зондированием на 24 станциях длится, по меньшей мере, порядка суток. Принимая во внимание инерционность температуры воды, можно говорить о правильном воспроизведении ее фоновых значений, но не о выявлении пространственных неоднородностей.

Как отмечают авторы [12], ИК-радиометры и микроволновые радиометры значительно различаются по пространственному разрешению, составляющему соответственно 1 и 50 км. Это означает, что микроволновое зондирование не обеспечивает приемлемого качества данных. Но и разрешение порядка 1 км недостаточно для освещения таких важных для практики акваторий, как, например, Кольский залив или губа Печенга в Баренцевом море. В таких масштабах результат съемки (относящийся к строго фиксированному времени на случайной фазе приливного цикла) требует корректной интерпретации. Возможные различия в подходах показаны на рис. 2. Если в области диаметром 1 км значение ТПО задано одним пикселем снимка, его можно понимать как постоянную величину в этой области (рис. 2а) или как распределенное по нормальному закону (рис. 2б), что более правдоподобно. Во втором случае часть области интегрирования в пределах доверительного интервала может оказаться на суше, что внесет погрешность в интегральную величину.

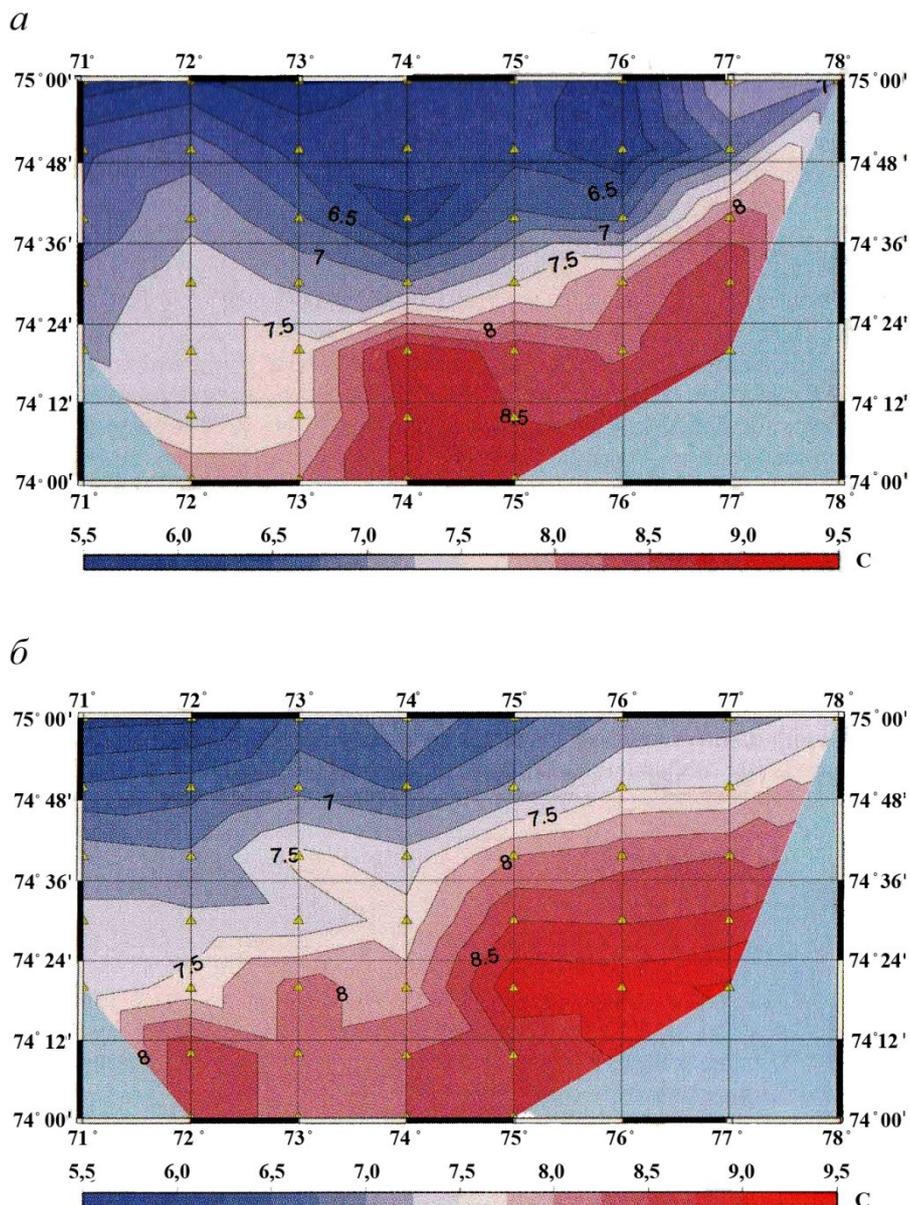


Рис. 1. Карты распределения ТПО на полигоне в Карском море (август 2008 года):
 а – по данным СТД-зондирования; б – по данным спутниковых измерений [12]

Другие виды дистанционных наблюдений также требуют вероятностной интерпретации. Спутниковая альтиметрия позволяет выявить аномалии среднего уровня относительно поверхности геоида, достигающие в арктических морях ± 20 м [12]. Измерения с сантиметровой точностью едва ли будут востребованы в практических целях, поскольку приливные и непериодические изменения уровня в открытых районах Баренцева моря оцениваются величинами порядка 1 м [14]. При обработке спутниковых треков эти колебания сглаживаются, а прослеживание хода уровня в реальном времени дистанционными средствами невозможно.

Мониторинг морского волнения проводится только для обеспечения безопасности мореплавания и других морских операций, включая разведку и освоение нефтегазовых месторождений на шельфе. В практике гидрометеорологического обеспечения он объединен с системами мониторинга и краткосрочного прогноза полей приземного давления и ветра.

Дистанционные данные в этих системах служат только дополнением к традиционному синоптическому анализу, основанному на наземных и попутных судовых наблюдениях, и в ближайшем будущем едва ли приобретут самостоятельное значение.

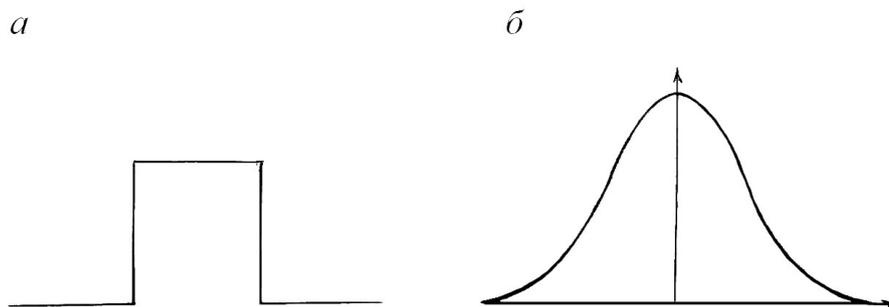


Рис. 2. Ступенчатое (а) и нормальное (б) распределение интенсивности сигнала в области пространственного разрешения

Информация о морском ледяном покрове Арктики используется в двух почти не перекрывающихся пространственно-временных диапазонах: обобщенные данные о многолетних изменениях площади и толщины льда на больших пространствах, необходимые для оценки климатических тенденций, и данные высокого разрешения о наборе параметров, влияющих на морские операции и тактику ледового плавания. В современных условиях климатические оценки получают главным образом по спутниковым наблюдениям. Они не полностью обеспечивают необходимую дискретность для выделенных участков акватории (сводные ледовые карты формируются по нескольким проходам орбиты), но достаточно объективны для прослеживания сезонных и межгодовых изменений. Сбор данных высокого разрешения входит в задачи мониторинга, который в широком смысле можно определить как производственный: сопровождение ледового плавания, обеспечение безопасности буровых платформ и подводных трубопроводов, наблюдение за состоянием «ледовых причалов». Обобщение таких данных за длительные периоды может быть полезным для изучения ледяного покрова как физического тела и не всегда эффективно при его изучении как географической среды. В условиях климатических изменений исчезновение льда на той или иной акватории полностью обесценивает ранее выполненные наблюдения, тогда как при его новом появлении следует ориентироваться на весь диапазон потенциально возможных параметров толщины, дрейфа, торосистости, геометрических и физико-механических характеристик льда.

В работе [13] в качестве основного метода дистанционного зондирования ледяного покрова рассматривается применение СВЧ-радиометров. Этот метод, в отличие от съемок в оптическом и ИК-диапазонах, может использоваться при любых условиях освещенности и облачности, что особенно важно для арктических морей в осенне-зимний период. Его главный недостаток – низкое пространственное разрешение, что затрудняет оценки сплоченности, дрейфа и геометрии ледовых образований. Как показано в [13], для всех таких оценок необходимо разрабатывать и верифицировать методы интерпретации данных, что требует проведения целенаправленных натуральных экспериментов. Практическая значимость этого научно-технического направления пока не доказана. Важным исключением является дистанционный мониторинг айсберговой опасности, который будет востребован при постановке стационарных буровых платформ в Штокмановском и других перспективных районах Арктического шельфа, близких к областям продуцирования айсбергов.

Таким образом, даже в хорошо проработанной гидрометеорологической подсистеме комплексного мониторинга арктических морей задачи совместного использования дистанционных и контактных данных решены только в самом грубом приближении. Другие тематические области морского мониторинга проработаны намного слабее их наземных аналогов. Информация о загрязнении морской среды за пределами прибрежных вод поступает только по отчетам морских экспедиций, которые проводятся по отраслевым и обычно несогласованным программам. Так же обстоит дело со сбором биологических данных, за исключением тех, которые используются непосредственно для обеспечения рыбного промысла. Практически нет примеров совместного анализа показателей состояния морской среды и данных экономической, демографической и медицинской статистики.

При планировании новых исследовательских проектов в области океанологического мониторинга необходимо предусматривать следующие этапы:

- 1) анализ спроса на научно-техническую продукцию мониторинга;
- 2) выбор объединенного по областям применения набора параметров, характеризующих морскую среду, с обязательным заданием требований к областям определения и пространственно-временного осреднения, допустимым погрешностям;
- 3) разработка требований к системе наблюдений по техническим средствам, дискретности во времени и пространственному разрешению;
- 4) проектирование информационной системы мониторинга, согласованной с действующими тематическими и отраслевыми подсистемами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция системы экологического мониторинга России / В.А. Кимстач, Ш.Д. Фридман, Е.С. Дмитриев, Л.С. Язвин, Е.Я. Нейман // Метеорология и гидрология. 1992. №10. С. 5–18.
2. Ашик И.М., Фильчук К.В., Блошкина Е.В. Система мониторинга гидрометеорологического режима акватории арктических морей и Арктического бассейна СЛО // Состояние арктических морей и территорий в условиях изменения климата: тез. Всероссийской конф. с международным участием. Архангельск: ИД САФУ, 2014. С. 50–52.
3. Дженюк С.Л. Информационное обеспечение и интерпретация данных в системах комплексного экологического мониторинга // Проблемы и методы экологического мониторинга морей и прибрежных зон Западной Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2001. С. 52–265.
4. Дженюк С.Л. Экологический мониторинг как информационная технология // Современные информационные и биологические технологии в освоении ресурсов шельфовых морей. М.: Наука, 2005. С. 108–118.
5. Дженюк С.Л. Комплексное использование тематических данных для описания больших морских экосистем // Комплексные исследования больших морских экосистем. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. С. 51–62.
6. Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л. Экологический мониторинг прибрежной зоны Баренцева и Карского морей // Известия АН. Сер. геогр. 1999. № 3. С. 69–76.
7. Дженюк С.Л. Методология информационного обеспечения морского экосистемного мониторинга // Морские нефтегазовые разработки и рациональное природопользование на шельфе. Ростов-н/Д: ЮНЦ РАН, 2009. С. 367–387.
8. Дженюк С.Л. О совместном использовании данных дистанционного зондирования и контактных измерений в океанологии // Экология. Экономика. Информатика. Материалы конференции. Т. 2. Ростов н/Д: Изд. ЮФУ, 2013. С. 178–181.
9. Гирдюк Г.В., Зыкова Г.Г., Терзиев Ф.С. Определение температуры поверхностного слоя Баренцева моря по данным авиатермических съемок // Метеорология и гидрология. 1975. № 4. С. 109–112.
10. Гарбузов А.В. О расчете температуры поверхностного слоя моря по данным авиационных измерений // Тр. ААНИИ. 1983. Т. 385. С. 56–62.
11. Базлова Т.А., Гарбузов А.В. Об учете влияния атмосферы на результаты авиационных ИК-измерений температуры поверхности моря // Тр. ААНИИ. 1987. Т. 410. С. 59–66.
12. Возможности и перспективы мониторинга гидрологических условий Северного Ледовитого океана по данным спутниковых измерений / Е.В. Блошкина, А.К. Платонов, Н.А. Кусе-Тюз, В.И. Дымов, Т.А. Пасечник, В.В. Алексеев // Океанография и морской лед. М.: Paulsen, 2011. С. 34–49.
13. Возможности методов дистанционного зондирования, как надежного источника получения объективной информации о состоянии ледяного покрова морей полярных областей / В.Г. Смирнов, И.Е. Фролов, А.В. Бушуев, И.А. Бычкова, А.В. Григорьев, Н.Ю. Захваткина, В.С. Лоцилов, В.В. Степанов, Л.П. Болбылев, В.Ю. Александров // Океанография и морской лед. 2011. С. 50–69.
14. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / под ред. Ф.С. Терзиева и др. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 280 с.

Сведения об авторе

Дженюк Сергей Львович – д.г.н., главный научный сотрудник Мурманского биологического института КНЦ РАН; e-mail: dzhenyuk@mmbi.info