

Использование спутниковых технологий для изучения и сохранения биоразнообразия в Российской Арктике

В.В. Рожнов¹, Д.М. Глазов², А.А. Сальман³

Ключевые слова: северные морские экосистемы, биологические ресурсы, белуха, спутниковые данные, радиомаяки.

Key words: northern sea ecosystems, biological resources, belukha, satellite data, radio beacons

К Российскому сектору Арктики относятся акватории пяти из девяти арктических морей и основные не покрытые льдом заполярные территории наземных арктических экосистем. Именно в Российском секторе развиты все основные характерные для Арктики зональные типы и варианты экосистем, почв, биоценозов, фитоценозов. В Арктике обитает около 25 тысяч видов эукариот. Наиболее заметными представителями арктических экосистем являются морские млекопитающие — киты, тюлени, моржи, а символом Арктики стал белый медведь.

Интенсивное развитие экономики севера России и приарктических государств, освоение морских природных богатств породило лавину проблем. За последние годы в результате глобальных климатических изменений, ряда мощных антропогенных процессов ухудшилась экологическая ситуация, обострились проблемы охраны и использования морских биоресурсов, возникла угроза сохранения биоразнообразия Арктики. К основным факторам воздействия на экологию и живую природу северных морей следует отнести деятельность рыбопромысловых судов, морское судоходство, геофизическую разведку и нефтегазодобычу на шельфе, сброс и береговой сток бытовых и промышленных отходов.

Возникла потребность в глубоком и всестороннем изучении северных морей России, в накоплении всеобъемлю-

щих и вместе с тем детальных знаний о процессах и явлениях, протекающих в морской среде. Эта информация чрезвычайно необходима для решения проблемы стабилизации и контроля экологической обстановки, сохранения и рационального использования морских биологических ресурсов, безопасной эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, проведения фундаментальных научных исследований.

Изучение северных морских экосистем требует детального описания их современного состояния и анализа влияния разнообразных параметров окружающей среды на развитие морской биоты. При этом важным направлением исследований является углубленное изучение тех видов, которые могут быть индикаторами состояния экосистем. Необходимо определить численность таких животных, их пространственное распределение, выявить пути их сезонных миграций, а также идентифицировать параметры окружающей среды, влияющие на развитие и жизнедеятельность соответствующих популяций.

Работы в этом направлении ведутся Постоянно действующей экспедицией РАН по изучению животных Красной книги Российской Федерации и других особо важных животных фауны России, созданной специальным распоряжением Российской академии наук в 2008 году. Для оценки состояния и мониторинга арктических экосистем были

¹Заместитель директора, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, 119071, г. Москва, Ленинский просп., 33, e-mail: rozhnov.v@gmail.com

²Ведущий инженер, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, 119071, г. Москва, Ленинский просп., 33, e-mail: dgglazov@yandex.ru

³Генеральный директор, ЗАО «ЭС-ПАС», 125171, г. Москва, Ленинградское ш., 15–73, e-mail: a.salman@es-pas.com

выбраны два вида млекопитающих, по состоянию которых можно оценивать и состояние арктических наземных и ледовых экосистем (белый медведь), и состояние арктических морских экосистем (белуха). Работы по изучению этих видов оформлены в виде двух программ, которые поддерживаются Русским географическим обществом: Программы изучения белого медведя в Российской Арктике и Программы изучения распространения и миграций белухи. Основные направления исследований, по которым выполняются обе программы, имеют много общего. Ведется изучение распределения и численности этих животных путем авиационных и судовых наблюдений, отслеживаются их миграции с помощью спутниковых радиомаяков системы Argos, исследуется популяционная структура белого медведя и белухи методами молекулярно-генетической диагностики, оценивается состояние здоровья животных и влияние на них различных антропогенных факторов.

Принимая во внимание огромную протяженность береговой линии Российской Федерации, а также труднодоступность большинства северных морских акваторий страны, одним из эффективных направлений таких исследований можно назвать полномасштабное использование спутниковых данных. В настоящее время дистанционные методы изучения земной поверхности — это мощный инструмент для наблюдения с целью последующего описания природной среды, обладающий рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с традиционными контактными методами исследований. При этом особый интерес представляет совместное использование данных различных спутниковых систем для всестороннего изучения параметров окружающей среды и особенностей поведения животных в этой среде.

В период с августа 2010 г. по март 2011 г. в рамках сотрудничества между Институтом проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН) и французской компанией CLS был выполнен пилотный проект, направленный на отработку методики совместного использования различных типов данных при проведении биологических исследований. В качестве объекта изучения выбрали белуху, являющуюся вершиной морской трофической цепи и индикатором состояния морской экосистемы. Тестовый полигон заложили на северо-западе Охотского моря, на побережье которого специалисты ИПЭЭ РАН уже

в течение нескольких лет проводят комплексное изучение распространения и путей миграций белух.

В августе 2010 г. на острове Чкалов (Хабаровский край) были отловлены пять взрослых белух. Животных оснастили радиомаяками «Пульсар» спутниковой системы определения местоположения и сбора данных Argos, после чего вновь отпустили на свободу. Спутниковые радиомаяки, разработанные и изготовленные в России, позволяют дистанционно отслеживать перемещения животных, излучая короткие сообщения при выныривании белух из воды (рис. 1). Координаты животного определяются при пролете спутника над белухой на базе эффекта Доплера путем сопоставления частот поступающих на спутник сообщений. Точность определения координат колеблется от 150 до 1000 м, в зависимости от геометрических параметров пролета спутника и количества полученных спутником сообщений.

В результате функционирования радиомаяков в течение 9 месяцев были выявлены пути миграций животных в Охотском море в осенний, зимний и весенний периоды, а также места зимних концентраций белух сахалино-амурского скопления.

В осенний период белухи активно перемещались в Сахалинском заливе недалеко от мест отлова. Причем в начале и середине осени они держались в глубине залива, недалеко от островов Чкалов и Сахалин, а к началу зимы стали значительно шире перемещаться по акватории. В середине декабря, в период формирования ледяных полей, началась сезонная миграция белух в северо-восточном направлении.

Именно декабрьский период интенсивных изменений океанографической и ледовой обстановки был выбран для реализации пилотного проекта, предполагавшего сопоставление траекторий движения животных с данны-



Рис. 1. Радиомаяк «Пульсар» спутниковой системы Argos, установленный на белухе (© Д.М. Глазов)



Рис. 2. Перемещения пяти белух в Охотском море в период с 1 по 31 декабря 2010 г.; траектории движения пяти животных показаны разными цветами

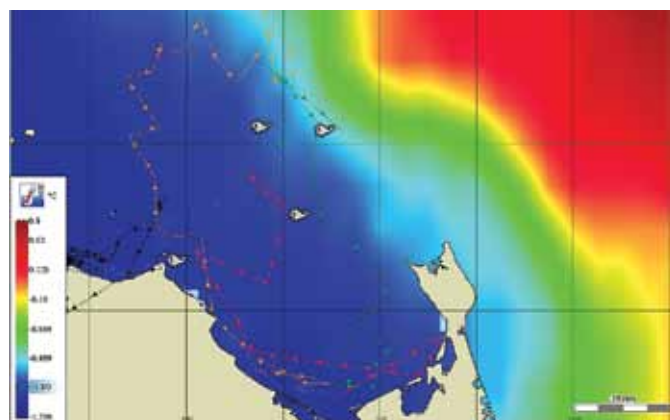


Рис. 3. Траектории пяти белух на фоне карты температуры морской поверхности за 23 декабря 2010 г.; цветом показано распределение температур от -1.799°C до $+0.9^{\circ}\text{C}$

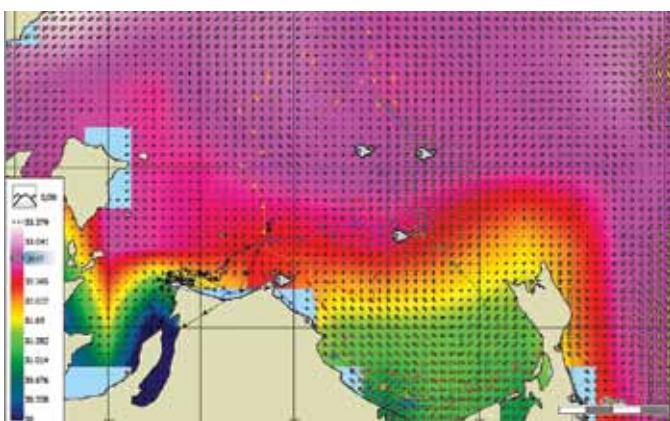


Рис. 4. Траектории белух на фоне карты солёности воды и поверхностных течений за 23 декабря 2010 г.; цветом показано распределение солёности от 30 до 33.379 ‰; интенсивность и направление поверхностных течений представлены векторами

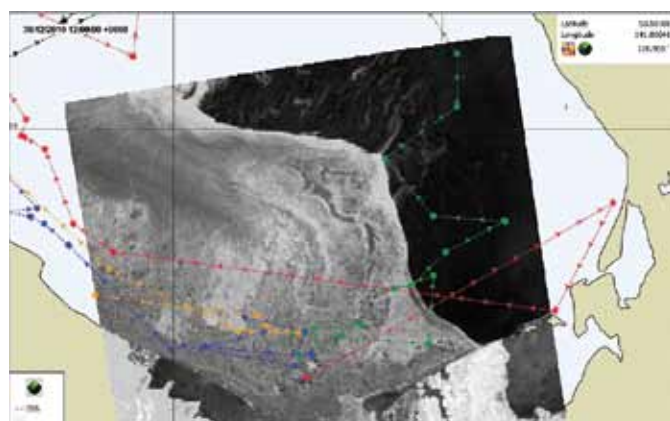


Рис. 5. Траектории белух на фоне радиолокационного изображения. В ходе исследования было получено 8 радиолокационных изображений, в результате обработки и интерпретации которых выявились особенности распределения льдов

ми о физических параметрах морской среды (рис. 2). Эти работы выполнялись при финансовой поддержке французского Национального центра космических исследований (CNES). Анализ состояния морской среды выполнялся на базе спутниковой океанографической информации, а также с использованием результатов математического моделирования.

Компания CLS обладает многолетним архивом океанографических данных, получаемых с космических аппаратов различного типа (JASON, ENVISAT, GFO, NOAA, Terra, Aqua, TRMM, METOP) и охватывающих весь мировой океан. На базе этих данных французские специалисты ежедневно генерируют карты аномалий высоты морской поверхности (пространственное разрешение — 25 км), геострофических течений (25 км), температуры поверхности воды (4 км). Три раза в неделю формируются карты концентрации планктона (4 км).

Для получения дополнительных слоев океанографической информации используется целый ряд моделей, позволяющих ежедневно создавать карты поверхностных течений (разрешение — 25 км), а также карты температуры и солёности воды на глубинах от 0 до 5 500 м (разрешение — 25 км, рис. 3, 4).

В тот же период с целью изучения ледовой обстановки в исследуемой зоне со спутника RADARSAT-2 было получено восемь радиолокационных изображений (пространственное разрешение — 25 м) той акватории, в которой находились животные, оснащенные спутниковыми радиомаяками. В результате обработки и интерпретации изображений выявилось распределение формирующихся льдов в исследуемой зоне. Затем были проанализированы данные о перемещениях белух вблизи скоплений льда (рис. 5).

Все полученные данные обрабатывались с помощью программного пакета THEMIS. Это разработанное компанией

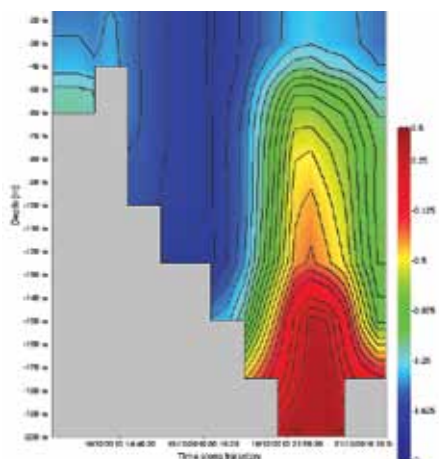


Рис. 6. Вертикальный профиль температуры воды вдоль траектории движения белухи за период с 15 по 21 декабря 2010 г.; по оси абсцисс — даты, по оси ординат — глубина в метрах; цветом показаны изменения температуры от -2 до 0.5°C ; в верхней части графика зелеными точками отмечены позиции животного, определенные с помощью системы Argos; серые поля в нижней части графика позволяют судить о глубине морского дна вдоль траектории движения животного

CLS программное обеспечение позволяет совмещать различные типы океанографической и радиолокационной информации, а также накладывать на эти данные траектории движения животных, полученные с помощью системы Argos.

Важным инструментом пакета THEMIS является возможность экспорта значений океанографических параметров вдоль траектории движения животного в соответствующие даты. Кроме того, большой интерес представляет возможность формирования вертикальных профилей температуры и солености воды вдоль траектории (рис. 6).

Проведенный анализ позволил установить причины и факторы, влияющие на миграционную активность белух сахалино-амурского скопления. Пилотный проект показал, что применение комплексного подхода даёт возможность выявить особенности жизнедеятельности таких сложных для изучения животных, как белухи. Полученные значения параметров среды обитания крайне важны для прогнозирования перемещения животных в районах, где невозможны отслеживание и прогноз их адаптивного распределения, связанного с изменениями климатических условий обитания. Анализ радиолокационных изображений и океанографической информации позволил понять процессы формирования ледового покрова в изучаемых районах, определить взаимоотношения белух с формирующимся ледовым покровом, впервые подробно проследить перемещение животных в разводьях и полыньях вдали от чистой воды и ледовой кромки. В выбранном полигоне удалось оценить связь рыбопромыслового флота с распределением белух.

Реализованный российскими и французскими специалистами пилотный проект доказал важность выполнения работ по сопоставлению различных типов спутниковых данных в рамках морских биологических исследований. Даже на таком коротком временном периоде удалось выявить некоторые зависимости путей миграций белух от различных параметров морской среды. Например, было отмечено, что белухи не избегают ледяных полей, а активно используют эти области, перемещаясь преимущественно вдоль кромки льда.

Такой метод исследований, безусловно, имеет серьезные перспективы. Поэтому прежде всего следует расширить работы по сопоставлению различных типов данных, проанализировав информацию, собранную в течение более длительного периода времени. Кроме того, было бы интересно выполнить подобные исследования, сравнивая поведение животных из разных скоплений белух Охотского моря, а также сравнить эти данные с особенностями поведения белух из других популяций Белого, Баренцева, Карского, Чукотского морей.

Подобные проекты могут способствовать выявлению закономерностей поведения, особенностей распределения не только белух, но и других морских млекопитающих, рыб и птиц. Они позволят выявить критические факторы, влияющие на миграционную активность животных, определить природные и антропогенные явления, представляющие особую опасность для изучаемых видов. Плановая реализация комплексных проектов поможет улучшить понимание процессов, протекающих в морских экосистемах, и будет способствовать сохранению биоразнообразия в Российской Арктике.

Using Satellite-Based Technologies for Study and Conservation of Biodiversity in the Russian Arctic Region. By V. Rozhnov, D. Glazov, A. Salzman

In August 2010 – March 2011 the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution managed a pilot project intended for the refinement of methods of joint use of different types of data while doing biological studies. White whale (belukha) was used a case study. This whale is at the top of the marine food chain and is recognized as the indicator of the marine ecosystem status. Conducted analysis enabled to understand the reasons and factors impacting the migration activity of belukhas near Sakhalin. Such projects may help detecting behavior patterns, habitat specifics of not only belukhas, but other marine mammals, fish and birds as well.