



# НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-57.04

## ИЗУЧЕНИЕ БИОАКУСТИКИ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

**Петрова Анна Владимировна**

кандидат биологических наук, доцент биологического факультета, Белорусский государственный университет  
г. Минск, Республика Беларусь

**Иванов Сергей Андреевич**

студент биологического факультета, Белорусский государственный университет  
г. Минск, Республика Беларусь

### Аннотация

В статье представлен развернутый анализ биоакустики морских млекопитающих как междисциплинарного направления, находящегося на стыке биологии, экологии, физики звука и вычислительных наук. Рассматриваются биологические основы звукообразования и восприятия у китообразных и ластоногих, функциональное значение акустической коммуникации в условиях морской среды, а также влияние антропогенных факторов на акустическое поведение. Особое внимание уделяется современным методам регистрации, обработки и интерпретации акустических сигналов, включая пассивный акустический мониторинг и машинное обучение. Показано, что биоакустические исследования являются ключевым инструментом для оценки состояния популяций, изучения пространственно-временной структуры сообществ и разработки мер по сохранению морских млекопитающих.

**Ключевые слова:** биоакустика, морские млекопитающие, китообразные, эхолокация, акустическая коммуникация, пассивный акустический мониторинг

### Введение

Биоакустика морских млекопитающих представляет собой одно из наиболее динамично развивающихся направлений современной биологии. Морская среда характеризуется высокой плотностью, значительной протяженностью и ограниченной видимостью, что обуславливает доминирующую роль звука как основного канала передачи информации. В отличие от наземных экосистем, где зрительная и химическая коммуникация играют ведущую роль, в океане акустические сигналы способны распространяться на десятки и даже сотни километров с минимальными потерями энергии. В этих условиях эволюция морских млекопитающих привела к формированию высокоспециализированных механизмов генерации, модуляции и восприятия звука.

Изучение биоакустики позволяет не только описывать поведенческие и физиологические особенности отдельных видов, но и реконструировать сложные экологические процессы, протекающие в морских экосистемах. Акустические сигналы несут информацию о видовой принадлежности, индивидуальных характеристиках, социальном статусе и физиологическом состоянии животных. В последние десятилетия биоакустика приобрела особую значимость в контексте глобальных изменений океанической среды и роста антропогенного шумового загрязнения.

## **Биологические основы звукообразования у морских млекопитающих**

Механизмы звукообразования у морских млекопитающих отличаются высокой степенью специализации и существенно варьируют между таксономическими группами. У китообразных основным источником звука являются структуры дыхательных путей, расположенные в области носовых ходов. Генерация звуков происходит без участия голосовых связок, что является уникальной адаптацией к подводному образу жизни. Воздушные мешки и специализированные жировые структуры обеспечивают эффективную передачу вибраций и формирование направленных акустических сигналов. У зубатых китов эхолокационные щелчки формируются с участием так называемого «мелона» – жирового органа в лобной части головы, который выполняет функцию акустической линзы. Такая система позволяет создавать короткие импульсы высокой частоты и точно направлять их в пространстве. У усатых китов преобладают низкочастотные вокализации, связанные с коммуникацией на больших расстояниях, что соответствует их экологическим стратегиям и пространственной структуре популяций. Ластоногие, включая тюленей и морских львов, сохраняют более традиционный для млекопитающих механизм звукообразования с участием гортани, однако демонстрируют способность к эффективной вокализации как в водной, так и в воздушной среде. Это отражает их амфибийный образ жизни и необходимость коммуникации в различных средах обитания.

## **Функции акустической коммуникации**

Акустическая коммуникация у морских млекопитающих выполняет широкий спектр функций, охватывающих социальное взаимодействие, репродуктивное поведение, ориентацию в пространстве и поиск пищи. Социальные сигналы используются для поддержания структуры групп, координации совместных действий и распознавания особей. У многих видов выявлены индивидуально-специфические вокализации, играющие роль акустических «подписей». Репродуктивные вокализации, особенно характерные для усатых китов, отличаются сложной временной и частотной организацией. Песни горбатых китов являются одним из наиболее известных примеров акустического поведения, обладающего культурной изменчивостью и демонстрирующего элементы социального обучения. Эти сигналы могут распространяться на большие расстояния, обеспечивая эффективную коммуникацию между разрозненными особями.

Эхолокация у зубатых китов представляет собой уникальный пример активного сенсорного восприятия, при котором животное использует собственные акустические сигналы для получения информации об окружающей среде. Анализ отраженных импульсов позволяет определять размер, форму, расстояние и даже внутреннюю структуру объектов, что делает эхолокацию высокоэффективным инструментом навигации и охоты.

## **Методы исследования биоакустики**

Современные исследования биоакустики опираются на широкий спектр технических и аналитических методов. Пассивный акустический мониторинг является одним из ключевых подходов, позволяющих регистрировать звуковую активность животных без прямого вмешательства в их поведение. Использование гидрофонов, размещенных на стационарных платформах, автономных буях или мобильных подводных аппаратах, обеспечивает сбор данных в течение длительных временных интервалов. Обработка акустических данных включает спектральный анализ, временно-частотные преобразования и методы автоматического распознавания сигналов. Развитие вычислительных технологий привело к активному внедрению алгоритмов машинного обучения, способных классифицировать вокализации по видам и типам поведения. Такие подходы существенно повышают эффективность анализа больших массивов данных и открывают новые возможности для мониторинга популяций. Экспериментальные методы, включая воспроизведение звуковых сигналов и контролируемые наблюдения, позволяют изучать реакцию животных на различные акустические стимулы. Однако их применение требует строгого соблюдения этических норм и учета потенциального воздействия на исследуемые объекты.

## **Влияние антропогенного шума на акустическое поведение**

Рост антропогенного шумового загрязнения Мирового океана в последние десятилетия рассматривается как один из наиболее значимых факторов техногенного воздействия на морских млекопитающих. Интенсивное развитие глобального судоходства, расширение добычи углеводородов на шельфе, проведение сейсморазведочных работ, строительство портовой и энергетической инфраструктуры, а также военная активность приводят к устойчивому повышению уровня низко- и среднечастотного шума в морской среде. Особую опасность представляет совпадение частот антропогенных шумов с диапазонами, используемыми китообразными и ластоногими для коммуникации, эхолокации и ориентации.

Маскирование биологических сигналов снижает эффективность акустической связи между особями, нарушает процессы поиска партнёров, координации группового поведения и взаимодействия между матерями и детёнышами.

Экспериментальные и полевые исследования показывают, что воздействие интенсивного шума может вызывать у морских млекопитающих острые стрессовые реакции, проявляющиеся в изменении уровня гормонов, учащении дыхания и резком изменении поведенческих паттернов. В условиях хронического воздействия формируются долгосрочные адаптивные или псевдоадаптивные стратегии, включающие сдвиг частот вокализаций, увеличение их амплитуды, изменение продолжительности сигналов и времени их излучения.

Однако подобные изменения не являются нейтральными с энергетической точки зрения. Повышение акустической активности требует дополнительных энергетических затрат, что может снижать доступные ресурсы для роста, размножения и иммунной защиты. В ряде случаев зафиксированы изменения маршрутов миграций и отказ от традиционных мест обитания, ранее характеризовавшихся высокой биологической продуктивностью. Такие сдвиги пространственного распределения популяций приводят к фрагментации ареалов и повышают уязвимость видов к другим стрессовым факторам, включая дефицит кормовой базы и климатические изменения.

В долгосрочной перспективе антропогенный шум рассматривается как фактор, способный опосредованно влиять на демографические показатели популяций и устойчивость экосистем. Снижение репродуктивного успеха, рост смертности и деградация акустической среды обитания формируют кумулятивный эффект, последствия которого могут проявляться на протяжении нескольких поколений.

### **Биоакустика как инструмент охраны морских млекопитающих**

Биоакустические методы в настоящее время рассматриваются как один из наиболее информативных и экологически щадящих инструментов охраны морских млекопитающих. Пассивный акустический мониторинг позволяет осуществлять длительные и непрерывные наблюдения за животными в условиях, где традиционные визуальные методы ограничены погодными условиями, глубиной или удалённостью районов исследования. Регистрация вокализаций предоставляет данные о присутствии видов, их сезонной активности, суточных ритмах и пространственном распределении.

Акустические данные широко используются для оценки численности и структуры популяций, особенно в отношении редких, скрытных и глубокообитающих видов. Анализ параметров сигналов позволяет идентифицировать виды и в ряде случаев отдельные популяции, что имеет ключевое значение для разработки адресных природоохранных мер. На основе биоакустического мониторинга выделяются зоны повышенной акустической активности, которые часто совпадают с районами кормления, размножения или миграционных коридоров.

Интеграция биоакустических методов с другими источниками информации, включая спутниковое слежение, гидрологические данные и визуальные наблюдения, формирует комплексный междисциплинарный подход к изучению морских экосистем.

Такой синтез данных позволяет более точно оценивать воздействие антропогенных факторов, моделировать сценарии изменения среды обитания и прогнозировать реакции популяций на хозяйственную деятельность человека.

Полученные результаты используются при планировании морских охраняемых территорий, разработке нормативов допустимого шумового воздействия и оценке экологических рисков крупных инфраструктурных проектов. Таким образом, биоакустика выступает не только как исследовательский инструмент, но и как важный элемент системы принятия управленческих решений, направленных на сохранение биоразнообразия и устойчивости морских экосистем.

## **Заключение**

Изучение биоакустики морских млекопитающих представляет собой фундаментально и прикладно значимое направление современной науки. Акустические сигналы являются ключевым элементом жизнедеятельности этих животных и отражают сложное взаимодействие биологических, экологических и физических факторов. Современные методы регистрации и анализа звука открывают новые перспективы для понимания поведения и экологии морских млекопитающих, а также для разработки эффективных мер по их охране в условиях нарастающего антропогенного воздействия.

## **Литература**

1. Au W. W. L. *The Sonar of Dolphins*. Springer, New York.
2. Clark C. W., Ellison W. T., Southall B. L. et al. Acoustic masking in marine ecosystems: intuitions, analysis, and implication. *Marine Ecology Progress Series*.
3. Hildebrand J. A. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Marine Ecology Progress Series*.
4. Mellinger D. K., Stafford K. M., Moore S. E. et al. An overview of fixed passive acoustic observation methods for cetaceans. *Oceanography*.
5. Nowacek D. P., Thorne L. H., Johnston D. W., Tyack P. L. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review*.
6. Tyack P. L. Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. *Journal of Mammalogy*.