


DOI: 10.24937/2542-2324-2022-4-402-126-140
УДК 551.463.288:534.835.46+005.334

Н.Л. Маляренко 

ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

Посвящается памяти Н.А. Вальдмана, друга и коллеги по исследованию техногенного и экологического риска.

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННОГО ПОДВОДНОГО ШУМА НА МОРСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Объект и цель научной работы. Объектом является воздействие техногенного подводного шума на морские экосистемы. Цель – исследование международной практики применения риск-ориентированного подхода к определению экологической значимости воздействий техногенного подводного шума на морские экосистемы, рассмотрение вопросов внедрения инструментов риск-менеджмента и концептуальных моделей экосистемного управления техногенным подводным шумом, в т.ч. в Арктике.

Материалы и методы. При подготовке статьи использованы методические материалы, разработанные в Крыловском центре, международные стандарты по управлению рисками, зарубежные и отечественные публикации в рассматриваемой области. В работе применены методы системного анализа.

Основные результаты. Проанализированы результаты международных исследований по оценке воздействия техногенного подводного шума на морские экосистемы с применением методологии экологического риск-менеджмента. Рассмотрены концептуальные подходы к оценке шумового загрязнения морей. Приведен пример оценки регионального экологического риска при влиянии шума судоходства на китов.

Сделан вывод о возможности и целесообразности применения риск-ориентированного и экосистемного подходов к управлению воздействием техногенного подводного шума на морскую среду, биоразнообразию и экологический статус морей российской юрисдикции.

Заключение. В рамках международных проектов и программ применяются подходы к исследованию воздействия техногенного подводного шума на морские экосистемы, основанные на оценке риска. В России также необходимо сформировать научную базу управления техногенным подводным шумом с использованием методологии и практики применения риск-ориентированного подхода.

Ключевые слова: техногенный подводный шум, морские экосистемы, экосистемное управление, экологический риск, риск-ориентированный подход.

Автор заявляет об отсутствии возможных конфликтов интересов.

DOI: 10.24937/2542-2324-2022-4-402-126-140
UDC 551.463.288:534.835.46+005.334

N.L. Malyarenko 

Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

To the memory of N. Valdman, friend and colleague in the studies of man-made and environmental risk.

RISK-ORIENTED APPROACH AS A RESEARCH METHOD FOR THE EFFECT OF MAN-MADE UNDERWATER NOISE UPON MARINE ECOSYSTEMS

Object and purpose of research. This paper discusses the effect of man-made underwater noise upon marine ecosystems. The purpose was to investigate the international practice of applying the risk-oriented approach to determination

Для цитирования: Маляренко Н.Л. Риск-ориентированный подход как метод исследования воздействия техногенного подводного шума на морские экосистемы. Труды Крыловского государственного научного центра. 2022; 4(402): 126–140.

For citations: Malyarenko N.L. Risk-oriented approach as a research method for the effect of man-made underwater noise upon marine ecosystems. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2022; 4(402): 126–140 (in Russian).

of environmental impact for man-made underwater noise in terms of marine ecosystems, as well as to discuss the introduction of risk management tools and conceptual models of ecosystem-based management of man-made underwater noise, including the Arctic areas.

Materials and methods. This paper is based upon the methodical materials developed by KSRC, international risk management standards, as well as Russian and foreign publications in this field. The study relies on system analysis methods.

Main results. The study analysed the results of international investigations regarding the assessment of man-made underwater noise effect upon marine ecosystems using the methodology of environmental risk management. It also discussed conceptual approaches to the assessment of marine noise pollution. As a case study, this paper discussed a regional environmental risk assessment in terms of shipping noise effect upon whales.

The study concludes that risk-based and ecosystem-oriented approaches are possible and practicable to apply in man-made underwater noise management so as to preserve biodiversity and environmental status of Russian seas.

Conclusion. International projects and programs rely on risk-based assessments in their approaches to the investigation of man-made underwater noise effect upon marine ecosystems. Russia needs its own scientific basis for man-made underwater noise management based on the methodology and practice of risk-oriented approach.

Keywords: man-made underwater noise, marine ecosystems, ecosystem management, environmental risk, risk-oriented approach.

The author declares no conflicts of interest.

Введение

Introduction

Развитие судоходства, освоение континентального шельфа в Арктике, ухудшение экологической обстановки в прибрежных зонах Мирового океана приводят к необходимости оценки влияния техногенного воздействия, включая подводное шумовое загрязнение, на морские экосистемы.

Шумовое загрязнение морской среды – это изменение характеристик гидроакустического шума естественного происхождения в результате антропогенного влияния. Одним из видов антропогенного загрязнения морской среды является техногенный подводный шум.

Многочисленные зарубежные исследования в Европе и США обнаружили связь между техногенным подводным шумом и изменениями в поведении морских видов. Однако из-за множественных источников неопределенности оценка экологических последствий влияния техногенного шума на морские экосистемы существенно ограничена недостатком данных гидроакустического мониторинга.

Для регулирования взаимодействия между экологическими, экономическими и социальными целями развития морских регионов, направленными на поддержание целостности структуры и функций экосистем, применяется экосистемный подход, основанный на принципе рационального использования морских биологических ресурсов.

При экосистемном управлении техногенным шумовым загрязнением морской среды эффективный учет суммарного эффекта источников неопределенности возможен при вероятностном подходе к оценке экологического риска.

Экологический риск в контексте управления подводным шумовым загрязнением – вероятностная мера причинения ущерба водным биологическим ресурсам за определенное время вследствие воздействия техногенного подводного шума на морские экосистемы.

Для анализа влияния техногенного подводного шума на экосистемы в российских регионах, включая арктический макрорегион, предлагается использовать понятийную базу и методологию оценки экологического риска.

Экосистемное управление техногенным подводным шумом

Ecosystem-based marine underwater noise management

При изучении воздействия техногенного подводного шума на морское биоразнообразие необходимо установить пространственно-временные связи между интенсивностью судоходства, деятельностью морских нефтегазодобывающих объектов и местами обитания рыб и морских животных, включая миграции, зимовки и районы нагула.

Мировое сообщество разрабатывает и реализует комплексное управление морским природопользованием на основе экосистемного подхода и перспективного видения использования морских акваторий.

Проблеме воздействия подводного шума на морское биоразнообразие уделяется все большее внимание международных и региональных организаций и комиссий: ООН, Международной морской организации (ИМО) при ООН, Европейского союза, Международной ассоциации классификационных обществ (IACS), Европейских конвен-

ций по региональным морям. Изучением воздействия подводного шума судов в Арктике занимается рабочая группа Арктического совета РАМЕ. Подробно вопросы международно-правового регулирования техногенного подводного шума освещены в статье [1].

В Рамочной директиве по морской стратегии Европейского союза (EU Marine Strategy Framework Directive, MSFD) [2] закреплена необходимость контроля подводных шумов, вызванных судоходством. MSFD нацелена на достижение т.н. хорошего экологического статуса (Good Environmental Status, GES) европейских морей.

Для нашей страны программным документом, способствующим обеспечению хорошего экологического статуса морей, является Морская доктрина РФ [3]. Принципы национальной морской политики включают проведение комплексных морских научных исследований, развитие систем мониторинга морской среды и прибрежных территорий, а также защиту и сохранение морской среды в интересах России.

В охрану морских экосистем внедряется региональный подход, основанный на учете природно-климатических, физико-географических, социально-экономических и других особенностей морских бассейнов. Гидрометеорологические и географические факторы могут усиливать или ослаблять техногенное воздействие подводного шума. Ледовые условия существенно влияют на характеристики подводного звукового ландшафта, что может отрицательно сказаться на арктических морских экосистемах, уязвимых за счет меньшего биоразнообразия по сравнению с экосистемами умеренных и южных широт. Для оценки воздействия подводного шумового загрязнения на морские экосистемы наряду с региональным и экосистемным подходами рекомендуется применять риск-ориентированный подход.

Риск-ориентированная модель контрольно-надзорной деятельности в России

Risk-oriented model of environmental supervision in Russia

В нашей стране риск-ориентированный подход успел зарекомендовать себя как действенный механизм. В 2015 г. новая норма в виде ст. 8.1 «Применение риск-ориентированного подхода при организации государственного контроля (надзора)» была включена в Федеральный закон от 26 декабря

2008 г. № 294-ФЗ [4]. Для реализации указанной нормы принято Постановление Правительства РФ от 17 августа 2016 г. № 806.

Риск-ориентированный подход определяется «отнесением деятельности к определенной категории риска либо определенному классу (категории) опасности» (ст. 8.1 [4]). Этот подход закреплён в Федеральном законе от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» [5]. Термин «риск-ориентированный подход» в документе не встречается, но понятийный аппарат и базовые начала системы оценки рисков там прописаны. Ст. 22 ФЗ № 248-ФЗ [5] раскрывает следующие понятия: риск причинения вреда (ущерба); оценка риска причинения вреда (ущерба); управление риском причинения вреда (ущерба).

Если в ФЗ № 294-ФЗ 2008 г. [4] применение риск-ориентированного подхода предусмотрено как возможность, то в законе № 248-ФЗ 2020 г. [5] предполагается обязательное его использование при организации госконтроля, например, при осуществлении регионального экологического надзора. Внедрение риск-ориентированного подхода является сложной организационной задачей, связанной с разработкой правовых актов, сбором большого объема информации о подконтрольной среде, отношением объектов контроля к категориям рисков.

В законе № 248-ФЗ сохранена предусмотренная Постановлением Правительства РФ № 806 система категоризации рисков. Следует отметить, что в данном законе практически не раскрывается методология риск-ориентированного подхода, отсутствуют критерии отнесения к категориям потенциальных рисков по видам контроля.

В дальнейшем на основе измерения и нормирования техногенного подводного шума должны быть разработаны критерии риска подводного шумового загрязнения для оценки экологического статуса морских вод России и контроля подводного шума.

Крыловский центр выступил с инициативой подготовки перспективного национального стандарта «Гидроакустика. Суда морские, сооружения нефтегазопромысловые морские и объекты портовой инфраструктуры. Подводный шум» для разработки и регламентации технологий натуральных измерений, а также документирования характеристик подводного шума объектов морской техники, необходимого для контроля рисков техногенного шумового загрязнения в морских акваториях российской юрисдикции.

Мировая практика применения риск-ориентированного подхода к оценке техногенного подводного шумового воздействия на морские экосистемы

Global practice of risk-oriented approach in the assessment of man-made underwater noise impact upon marine ecosystems

Для управления техногенным подводным шумом и обеспечения безопасности морских экосистем разрабатываются международные научно-исследовательские программы, реализуются проекты изучения шумового воздействия судоходства и освоения ресурсов шельфа с использованием методов и результатов оценок экологического риска.

Европейский союз инициировал и финансировал разработку проекта RAGES (2019–2021 гг.) – «Риск-ориентированные подходы к оценке хорошего экологического статуса морской среды для индексов (дескрипторов) Рамочной директивы по морской стратегии ЕС (MSFD): D2 (некоренные виды) и D11 (подводный шум) – Risk-based Approaches to Good Environmental Status with Case Study on D2 (non-indigenous species) and D11 (underwater noise)» [6]. Проект направлен на внедрение инструментов риск-менеджмента для оценки состояния морской среды в соответствии с MSFD.

В ходе проекта RAGES разработана концептуальная основа для включения риск-ориентированного подхода в оценку экологического статуса морей. Концепция риск-ориентированного подхода системно объединяет стандарты управления рисками Международной организации по стандартизации с оценкой экологического статуса морей согласно MSFD.

Область исследования шума в проекте RAGES включает большую часть европейских территориальных вод в Северо-Восточной Атлантике. RAGES использует также результаты и инструменты для оценки экологического риска других крупных исследовательских проектов ЕС: KnowSeas (2009–2013 гг.), ODEMM (2010–2014 гг.), DEVOTES (2012–2016 гг.).

В рамках программы оптимального управления разведкой и добычей норвежских углеводородов PETROMAKS2 реализован проект MARAMBS (2016–2019 гг.) – Marine Animal Ranging Assessment Model Barents Sea [7] – по разработке модели оценки локации морских животных и рыб в Баренцевом море, применяемой для онлайн-анализа рисков, включая риски воздействия подводного шума.

MARAMBS не сообщает о присутствии морских животных и рыб в Баренцевом море в режиме реального времени, в картах плотности морских видов используются ретроспективные данные. Программное обеспечение для онлайн-анализа рисков основано на передовых технологиях, таких как динамические модели среды обитания видов, описывающие взаимосвязь между наличием морской флоры и фауны и параметрами окружающей среды [7].

Выполнение директивы MSFD предполагает наличие комплексного мониторинга, направленного на получение необходимых сведений по всем морским бассейнам Европы. Европейская сеть изучения морских акваторий и сбора данных EMODnet (The European Marine Observation and Data Network) охватывает организации, которые обрабатывают морские данные в соответствии с международными стандартами по семи дисциплинам. В дисциплину «Физика» входит направление «Подводный шум» [8].

EMODnet сотрудничает со Службой мониторинга морской среды Copernicus Marine Service [9] в создании совместного каталога данных для оценки экологического статуса европейских морей согласно директиве MSFD и экосистемному подходу. Каталог содержит ряд продуктов – от моделей и визуализаций до карт, включает распределения мест обитания морских биологических видов, а также предоставляет данные об окружающей среде: температуру и соленость воды (для вычисления профилей скорости звука), параметры морского волнения.

Следует отметить участие ФГБУ «ВСЕГЕИ» в одном из семи направлений исследований EMODnet – проекте EMODnet-Geology: в 2018–2019 гг. выполнена актуализация геологических бесшовных карт дна российских секторов Балтийского, Белого и Баренцева морей. Бесшовные полимасштабные карты – современные трехмерные цифровые геологические карты – актуализируются в режиме мониторинга картографических данных.

С использованием информации службы Copernicus Marine созданы онлайн-сервисы системы Quonops Online Services (QOS) – первой глобальной онлайн-системы прогнозирования шума в океане от французской компании Quiet-Oceans. Подобно системам прогнозирования погоды, QOS производит оценку пространственно-временного распределения уровней техногенного шума на море, объединяя множественные источники шума и оценивая кратко-, средне- и долгосрочный вклад источ-

ников в глобальное шумовое поле. Результаты QOS адаптированы к требованиям национальных и международных правил, касающихся подводного шума, сохранения и защиты мест обитаний биологических видов.

Стандартизация процессов принятия решений по достижению хорошего экологического статуса европейских морей, основанных на передовой международной практике управления рисками, способствует формированию понятийного аппарата оценивания рисков в доступной форме.

Концептуальные подходы зарубежных исследователей к оценке шумового воздействия на морскую среду

International conceptual approaches to the assessment of noise impact upon marine environments

Для понимания и анализа взаимодействий между деятельностью человека и экосистемами, создания системы оценочных индикаторов (показателей) экологического риска и иерархических структур за рубежом разработаны стандартизированные концептуальные подходы к оценке характеристик, значимых для экосистем:

- PSR (pressure, state and response), разработанный Организацией экономического сотрудни-

чества и развития (ОЭСР, OECD) в конце 1980-х гг. В рамках подхода вредные воздействия на окружающую среду оцениваются индикаторами воздействия (pressure), качество окружающей среды – индикаторами состояния (state), а ресурсосберегающие действия – индикаторами реагирования (response);

- DPSIR (drivers, pressures, state, impact and response model of intervention), расширение подхода PSR. Модель разработана Европейским агентством по охране окружающей среды (ЕАОС, EEA) в 1999 г. для определения причинно-следственных связей между движущими факторами использования экосистем (drivers), нагрузками или антропогенными факторами воздействия (pressures), состоянием окружающей среды (state), воздействием экосистемных изменений (impact) и ответными мерами (response).

В отличие от подхода PSR, подвергнувшегося критике за однонаправленность, модель DPSIR была подтверждена как достаточно описательная и аналитическая. За прошедшие 20 лет она широко использовалась в Европе для анализа экологических проблем в различных средах и географических условиях, включая морские исследования.

К оцениванию влияния техногенного подводного шума применим стандартизированный подход, основанный на анализе экологического риска (Eco-RA, ERA), согласованный со статьями директивы MSFD и развивающейся концептуальной моделью экосистемного управления DAPSI(W)R(M). Данный подход описан в работе [10] в применении к непрерывному подводному шуму. Расшифровка аббревиатуры и иллюстрация модели DAPSI(W)R(M) представлены на рис. 1. К структурным элементам модели привязаны соответствующие статьи MSFD (8, 10, 11, 13). Элементы модели, связанные с оценкой риска, светло-серого цвета на рис. 1.

В отличие от DPSIR, в модели DAPSI(W)R(M) выделен структурный элемент «Виды деятельности» – Activities, A. Индикаторами для данного элемента DAPSI(W)R(M) могут быть: количество судоходных маршрутов, суммарный тоннаж рыболовного флота.

Структурный элемент «Воздействие (на благо-состояние людей)», Impact (I) (on Human Welfare), I(W), дополненный включением в модель экосистемных услуг (выгод, которые могут обеспечить экосистемы), отражает взаимосвязь между экосистемными изменениями и услугами.

Элемент «Меры реагирования (управленческие действия)», Response (as Management Measures), R(M),

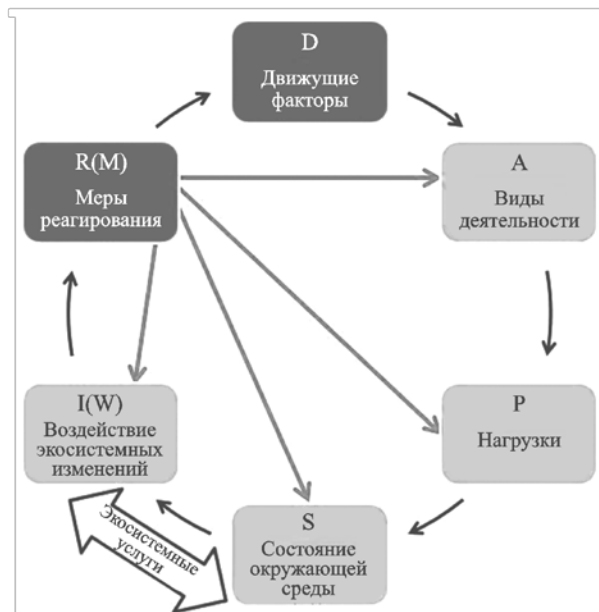


Рис. 1. Структура модели DAPSI(W)R(M) [10]

Fig. 1. Structure of model DAPSI(W)R(M) [10]

основан на результатах обработки рисков (risk treatment) – процесса выбора и реализации мероприятий по уменьшению риска. Благодаря R(M) модель DAPSI(W)R(M) является неотъемлемой частью управления риском.

Стандарты управления риском

Risk management standards

Существует ряд международных стандартов по управлению риском. В 2018 г. вышла новая версия стандарта управления риском ISO 31000:2018 [11], в 2019 г. – современная версия стандарта IEC 31010:2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска» [12].

Новая редакция IEC 31010:2019 существенно отличается от предыдущей:

- в стандарте перечислена 41 методика оценки риска (в предыдущей редакции – 31);
- стандарт полностью согласован с ISO 31000:2018;
- используется другая классификация методик оценки риска;
- предпринята новая попытка сравнения методик.

В России одним из базовых стандартов в области риск-менеджмента является ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство» [13]. С учетом основных нормативных положений стандарта IEC 31010:2019 [12] разработан ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска» [14].

Важной задачей является выбор адекватных методик оценки рисков, подходящих для исследования техногенного подводного шума.

Этапы оценки риска техногенного шумового воздействия на морские экосистемы

Risk assessment stages for man-made noise impact upon marine ecosystems

Многие государства взяли на себя обязательства по достижению уровней шума, не оказывающих отрицательного воздействия на морские экосистемы, разрабатываются стандартизированные процедуры, основанные на оценке риска шумового загрязнения и согласованные с концептуальными моделями экосистемного управления.

Рассмотрим применение концептуальной модели управления DAPSI(W)R(M), учитывающей экологические, социальные и экономические факторы,



Рис. 2. Процесс управления риском [11]

Fig. 2. Risk management process [11]

во взаимосвязи с этапами оценки риска техногенного шумового загрязнения морской среды.

На рис. 2 показан процесс управления риском в соответствии с ISO 31000 [11].

Этапы оценки риска техногенного шумового загрязнения морских экосистем и их взаимосвязь с моделью DAPSI(W)R(M) показаны в табл. 1.

Оценка риска во многом зависит от типа данных, используемых на этапе анализа риска. При отсутствии количественной информации и применении качественных (полуколичественных) экспертных подходов анализ риска может быть очень полезным.

При наличии подробной количественной информации об уровнях звукового давления в районах, подвергающихся риску техногенного подводного шумового загрязнения, для оценки риска используют аппарат теории вероятностей, математическую статистику и методы моделирования.

Риск-ориентированный подход применим как при недостатке исходных данных, так и при наличии эмпирических или смоделированных данных.

Разработки в области математического моделирования подводного шума способствуют совершенствованию управления рисками. Выбор модели прежде всего зависит от глубины воды и частотного диапазона, изменения параметров окружающей

среды в зависимости от расстояния до источника шума. Особую сложность представляет моделирование распространения шума на мелководье, у морского дна и на поверхности моря, а также в замерзающих морях.

Оценивание экологического риска шумового загрязнения морских экосистем базируется на сравнении результатов оценки риска с критериями воздействия техногенного подводного шума на морское биоразнообразие.

Таблица 1. Этапы оценки риска техногенного подводного шумового загрязнения, согласованные с моделью DAPSI(W)R(M)

Table 1. Risk assessment stages for man-made underwater noise pollution adapted to model DAPSI(W)R(M)

| Этап ISO-процесса риск-менеджмента | Элемент модели DAPSI(W)R(M) | Описание этапа |
|---|---|--|
| 1. Область применения, среда и критерии | Тип деятельности в морской среде (Activities): судоходство, рыболовство, добыча нефти и газа, конкреций, дноуглубительные работы и пр. (15 ключевых морских секторов [15]) | Выбор акустически чувствительных морских видов биоразнообразия. Определение критериев (порогов) воздействия подводного шума на виды |
| 2. Идентификация риска | Сбор данных | Сбор данных в разных пространственных масштабах: региональном, субрегиональном, местном. Пассивный акустический мониторинг |
| 3. Анализ риска | Предварительный анализ | Отбор данных. Идентификация проблем с низким риском и исключение их из дальнейшего анализа |
| | Определение вероятности возникновения риска | Источники шума (Pressure) Идентификация источников шума. Определение прогнозируемых уровней шума источников (из научной литературы, полевых измерений, с применением модели источника) при использовании той же акустической метрики, что и при оценке порогов воздействия шума на биоразнообразие. Установление «зон воздействия» с превышением пороговых значений шума |
| | Оценка последствий (ущерба) | Состояние окружающей среды (State) Сбор данных о батиметрии, свойствах морской среды, а также уровнях подводного шума окружающей среды Количественная оценка последствий воздействия шума на всех уровнях (национальном, региональном, местном) Экспертное заключение о количественной оценке последствий |
| 4. Оценка риска | Риск = Вероятность × Последствия | Оценка относительного риска путем наложения «зон воздействия» на плотность видов и/или на известные (сезонные) среды обитания (например, районы нереста рыб) Сопоставление экологических издержек (природоохранных затрат и предотвращаемого ущерба) с извлекаемыми из морских экосистем выгодами |

Критерии воздействия техногенного подводного шума на морские биологические виды

Criteria of man-made underwater noise impact upon marine life

Подводный шум характеризуется звуковым давлением и смещением колеблющихся частиц воды, и морские биологические виды по-разному на него реагируют. Так, морские млекопитающие и некоторые виды рыб ощущают звуковое давление, но для морских беспозвоночных и большинства рыб важнее смещение частиц воды в определенном направлении, особенно для обнаружения местоположения источника звука.

В настоящее время используемые критерии воздействия техногенного подводного шума для всех морских видов основаны исключительно на звуковом давлении [16].

Критерии воздействия подводного шума на морские биологические виды должны быть выражены в показателях, учитывающих характер шума (непрерывный, импульсный) и отражающих характерные особенности биологических видов.

Морские животные могут издавать три основные категории звуков: серии широкополосных импульсов (щелчков), тональные сигналы (свисты) и импульсно-тональные сигналы.

Критерии для морских млекопитающих обычно требуют применения частотного «взвешивания» и весовых функций. Взвешенные уровни звукового давления позволяют учесть изменение чувствительности слуха животных определенного вида или группы видов в зависимости от частоты.

При выборе критериев воздействия подводного шума на морское биоразнообразие необходимо опираться на широко применяемые и прошедшие экспертную верификацию критерии. Например, в настоящее время наиболее актуальными для морских млекопитающих являются критерии, разработанные Национальным управлением океанических и атмосферных исследований США (NOAA), определяющие пороговые значения при временном (TTS) и постоянном (PTS) смещении порога слуховой чувствительности в результате воздействия импульсного и непрерывного звука [17]. Критерии опубликованы в открытом доступе.

Основные акустические метрики, определяющие критерии воздействия шума на морские биологические виды:

- среднеквадратичный уровень звукового давления (Root Mean Square Sound Pressure Level,

RMS SPL, дБ относительно 1 мкПа), для непрерывных звуков;

- уровень экспозиции шума (Sound Exposure Level, SEL, дБ), для непрерывных и импульсных звуков, для однократного шумового воздействия конкретного источника;
- суммарный уровень звукового воздействия (Cumulative Sound Exposure Level, SELcum, дБ относительно 1 мкПа²с), для непрерывных звуков и повторяющихся шумовых воздействий конкретного источника за период наблюдения (24 часа по рекомендации NOAA);
- пиковый уровень звукового давления (Peak Sound Pressure Level, SPLpeak, дБ относительно 1 мкПа), для импульсных звуков (частотное взвешивание нецелесообразно).

Наиболее подходящими для оценки воздействия подводного шума на рыб являются критерии, опубликованные в работе [16]. Эти критерии определяют количественные пороговые значения для TTS, излечимых повреждений и смертности рыб в ответ на импульсные источники звука, а также качественные рекомендации для непрерывных источников.

Проведенные исследования выявили ряд отрицательных эффектов воздействия подводного шума и на морских беспозвоночных животных, но для установления критериев воздействия шума на них недостаточно данных.

Методы и модели анализа и оценки рисков

Methods and models of risk assessment and analysis

Рекомендуемые методы анализа и оценки рисков при исследовании влияния техногенного подводного шума на морские экосистемы представлены в табл. 2.

Для оценки шумового загрязнения морской среды применяется математическое моделирование. Широко используются аналитическое и статистическое вероятностное моделирование, байесовская статистика, одномерный и многомерный дисперсионный анализ (ANOVA и MANOVA), агентные имитационные модели, учитывающие перемещения морских биологических видов до, во время и после воздействия шума.

В модели должно быть учтено влияние уровней подводного шума естественного происхождения на характеристики техногенного подводного шума. Модели следует подтверждать полевыми измерениями распространения звука.

Таблица 2. Методы анализа и оценки рисков, рекомендуемые для исследования влияния техногенного подводного шума на морские экосистемы

Table 2. Risk assessment and analysis methods recommended for the studies on man-made underwater noise impact upon marine ecosystems

| Наименование метода | Описание и применение метода | Примечание |
|--|--|--|
| Bow-Tie (Диаграмма «Бабочка») | Методика идентификации опасности и анализа мер управления, используемая для графического отображения связей между опасностями, элементами управления, главным рисковым событием, последствиями и мерами по их минимизации | Для разработки и оценки экосистемного управления, учитывает предложение и спрос на экосистемные услуги. Расширяет концептуальную основу модели DAPSI(W)R(M). Для выявления мер контроля рисков и восстановления экосистем с целью смягчения последствий подводного шумового воздействия |
| ENVID (Environmental Impact Identification Studies) | Исследование по идентификации экологических аспектов воздействия на окружающую среду | В ходе исследования должны быть рассмотрены все возможные источники подводного техногенного шума и оценены связанные с ними экологические риски. Дает возможность проведения совместной оценки опасностей и воздействий |
| FTA (Fault Tree Analysis – Анализ дерева отказов) | Дедуктивный метод анализа последствий, вероятности и риска; графический инструмент – древовидная диаграмма, строящаяся сверху вниз в терминах событий для установления причинных взаимосвязей | Логические, математические и графические методы анализа, как (с какой вероятностью) может произойти главное (верхнее) событие дерева отказов – подводное шумовое загрязнение |
| FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) | Анализ видов и последствий отказов. Используется для количественной оценки относительного риска, расставления приоритетов риска и действий по снижению риска, улучшения мер предотвращения последствий | Для сравнения влияния факторов, способствующих подводному шумовому загрязнению, на морское биоразнообразие. Позволяет получить качественные или полуколичественные оценки, основанные на системном подходе |
| Матрица риска | Матрица качественной оценки рисков, ранжирования уровня рисков, определения приоритетности задач и ресурсов | Пример – матрица риска, полученная на основе ранжирования плотности движения судов и вероятности присутствия морских видов в районе судоходных маршрутов |
| «Что если?» (What if?) | Качественный подход, основанный на методике «мозгового штурма» и последовательно задаваемых вопросах. Реализуется в междисциплинарной группе специалистов | Используется систематизированный перечень контрольных вопросов, а выбор параметров или компонентов, которые ставятся под вопрос, остается за участниками группы |
| HAZID (Hazard Identification Studies) | Исследование по идентификации опасностей и оценке рисков. Заключается в проведении «мозгового штурма» междисциплинарной группой специалистов, направленного на анализ и оценку рисков | Индуктивный метод первичного анализа влияния факторов, способствующих подводному шумовому загрязнению, выявленных с помощью подхода «Что если?» и FMEA |
| HAZID/ENVID | Метод выявления опасностей, первичного анализа и оценки рисков. Заключается в идентификации опасностей и экологических аспектов, составлении ранжированного реестра рисков, определении возможных последствий, идентификации существующих и дополнительных мер по управлению рисками | Метод является более универсальным, но менее детальным, чем HAZOP, Bow-Tie или «Что если?». Структурированный анализ, оценка и ранжирование рисков шумового воздействия на морскую среду с применением матрицы риска. Разработка мероприятий по управлению рисками. Результаты HAZID/ENVID формируют основу для детализированной оценки рисков (например, QRA или HAZOP) |

Таблица 2. Продолжение

Table 2. Continuation

| Наименование метода | Описание и применение метода | Примечание |
|---|---|---|
| QRA (Quantitative Risk Assessment) | Количественная оценка риска нанесения ущерба окружающей среде и неопределенности. Выбор метрики риска имеет решающее значение | Количественная оценка риска шумового загрязнения при составлении карт риска; QRA с помощью кривых экспозиции; QRA поведенческих реакций морских видов на подводный шум |
| HAZOP (Hazard and Operability Study) | Исследование факторов риска и работоспособности. Командное обсуждение ведущими специалистами. Используется как часть QRA или как отдельный систематизированный анализ риска | Метод более детализирован, чем HAZID. Может быть использован при исследовании подводного шумового воздействия судового двигателя на разных режимах работы, кавитирующего гребного винта, механизмов и устройств платформ при разработке морских месторождений |

Целесообразно сочетать моделирование воздействия подводного шума на морские экосистемы с моделированием влияния технологий снижения шума и рассчитывать зоны акустического воздействия с учетом дополнительных мер для уменьшения шумового загрязнения. Для каждого шага оценки риска следует оценивать (моделировать) неопределенность, присущую используемым методам на каждом этапе (например, допущения, сделанные в моделях) или связанную с собранными данными.

Инструменты моделирования применяются при использовании методологии картирования рисков для оценки суммарного воздействия звуковых давлений на морское биоразнообразие.

Оценка воздействия подводного шума судоходства на серых китов с помощью картирования рисков

Assessment of shipping underwater noise impact upon grey whales by means of risk mapping

Примером качественной оценки воздействия шума от судоходства на серых китов в восточных морях Арктики и в северной части Тихого океана могут служить карты риска пересечений судовых маршрутов с миграционными путями этих млекопитающих [18]. С помощью карт можно определить вероятные районы наиболее высокого риска, где целесообразна последующая количественная оценка риска для разработки мер по предотвращению сближения судов с китами и снижению воздействия непрерывного низкочастотного шума судоходства на животных.

Распределения китов по сезонам (по данным опубликованных карт) сравнивались с тепловыми картами плотности движения судов в регионах в 2019 г. (рис. 3, см. вклейку). Объем трафика и распределение движения судов, совпадающие по времени с появлением серых китов в рассматриваемых районах, были получены на основе данных Автоматической системы идентификации (АИС).

Карты плотности движения судов опосредованно используются для анализа распределения подводного шума по районам и оценки степени неблагоприятного воздействия шума судоходства на серых (и других) китов, являясь своего рода индикаторами шумового воздействия.

Определение категорий риска встречи судов с китами осуществляется ранжированием плотности движения судов в районах встречаемости этих животных в течение их годового цикла перемещений, с использованием наборов данных, выражающих уровни судоходной активности в виде судовых часов в месяц на 100 км² (табл. 3).

Наборы данных о судоходной активности получены следующим образом: первичные данные АИС импортировались в пространственную базу данных, ежемесячные данные были собраны в ячейки 10×10 км, затем совокупные часы работы судов по месяцам объединены для каждого поведенческого периода годового цикла китов (нагул, зимовка, миграция в северном направлении, миграция в южном направлении).

Все поведенческие периоды имеют разное число дней, поэтому совокупное число часов работы в каждой ячейке было разделено на число дней каждого периода. Суточные средние значения часов

Таблица 3. Категории риска на основе ранжирования плотности движения судов [18]

Table 3. Risk categories based on vessel traffic density ranking [18]

| log ₁₀ (Часы работы в сутки на ячейку сетки 10×10 км) | | Часы работы в сутки на ячейку сетки 10×10 км | | Часы работы в месяц на ячейку сетки 10×10 км | | Категория риска |
|--|---------------|--|------------------------|--|------------------------|--------------------|
| Макс. значение | Мин. значение | Макс. значение | Мин. значение | Макс. значение | Мин. значение | |
| 3,056965 | 0,143639 | 1140,158 | 1,392 | 32 204,737 | 41,760 | Крайне высокий |
| 0,143639 | -0,554396 | 1,392 | 0,279 | 41,760 | 8,370 | Очень высокий |
| -0,554396 | -1,167491 | 0,279 | 0,068 | 8,370 | 2,040 | Высокий |
| -1,167491 | -4,954286 | 0,068 | 1,111·10 ⁻⁵ | 2,040 | 3,333·10 ⁻⁴ | Средний или низкий |

работы судов для каждой ячейки за соответствующий поведенческий период были нормализованы путем преобразования в логарифмический масштаб с использованием десятичных логарифмов.

Для известных и потенциальных перемещений китов в зонах судоходных маршрутов с учетом классификации риска составлены региональные карты риска, на рис. 4 (см. вклейку) приведена одна из них для периода летне-осеннего нагула.

Для обработки географических данных, пространственного анализа векторных данных по распределению серых китов и картографического отображения относительного риска встречи судов с китами применялись инструменты географической информационной системы (ГИС) ArcGIS Desktop.

Зоны РФ, где серые киты наиболее подвержены существенному воздействию подводного шума судоходства, находились на Дальнем Востоке России – вдоль полуострова Камчатка и в Охотском море, а также в Беринговом море.

Оценка риска техногенного подводного шумового загрязнения в Арктике

Risk assessment for man-made underwater noise pollution in the Arctic

Исследование проблем оценки риска подводного шумового загрязнения имеет большое значение в экстремальных природно-климатических условиях арктической среды.

В Европе с привлечением Службы мониторинга морской среды Copernicus Marine Service [9] создан оперативный сервис Arctivities [19] для оценки рисков, связанных с безопасностью деятельности на море и с воздействием техногенного подводного

шума на окружающую среду и биоразнообразие (рис. 5, см. вклейку).

С помощью Arctivities выполняется экологическая оценка состояния моря, льда и шумового загрязнения посредством специальных индикаторов рисков. Информация предоставляется на уникальном интерфейсе, сервис Arctivities основан на двух операционных системах, разработанных во Франции: Quoops от компании Quiet-Oceans, для оценки пространственно-временного распределения уровней техногенного шума (она рассмотрена выше) и модели статистического анализа морского волнения от компании Noveltis.

Обе системы объединены с продуктами Copernicus Marine Service [9] для расчета следующих показателей на двух уровнях:

- статистических индикаторов – информации о волнении, льдах, температуре и других параметрах, необходимых для морского пространственного планирования;
- индикаторов в режиме реального времени (оперативная информация об окружающей среде Арктики).

В российском регионе Арктики существует насущная необходимость изучения плотности судоходства на СМП, а также районов активного освоения континентального шельфа, для определения экологической значимости воздействий техногенного подводного шума как на популяции, так и на морские экосистемы в целом.

В России Группа компаний «СКАНЭКС» реализует экологические проекты, направленные на изучение и сохранение морских экосистем РФ. Данные проекты обеспечивают: контроль судоходства в регионах с уникальной экосистемой, в т.ч. в границах морских особо охраняемых при-

родных территорий; проведение работ по изучению и защите морских млекопитающих арктического региона, где идет активное освоение нефтегазовых ресурсов.

Для регулярного спутникового мониторинга морских акваторий разработан Морской портал Scanex Maritime [20], состоящий из информационного портала и каталога услуг – набора 12 геосервисов и продуктов компании (оперативный мониторинг, разработка и внедрение Веб-ГИС, картография и др.)

Сервисы Морского портала доступны через веб-интерфейс на базе облачной технологии Scanex Web-GIS GeoMixer, позволяющей создавать и внедрять ГИС во внутренние системы и базы данных предприятий, разрабатывать конечные интеграционные продукты.

В основе всех ключевых разработок «СКАНЭКС» лежат отечественные технологии, что обеспечивает полное импортозамещение в сфере спутникового мониторинга Земли.

С помощью обеспечения «СКАНЭКС» могут быть получены карты навигационно-судовой обстановки на СМП и космические снимки обнаружения морских млекопитающих арктического региона (рис. 6, см. вклейку). При этом архив космических изображений обнаруженных морских видов используется для обучения нейронной сети и разработки алгоритмов автоматизированного поиска мест залежей животных.

С применением технологий «СКАНЭКС» могут быть составлены региональные карты риска техногенного шумового загрязнения исследуемых морских акваторий.

Основные задачи при риск-ориентированном подходе к исследованию воздействия техногенного подводного шума на морские экосистемы

Main tasks in risk-oriented approach to the study of man-made underwater noise impact upon marine ecosystems

Ключевыми задачами являются:

- системный подход к сбору данных – экосистемный мониторинг;
- исследование уровней техногенного подводного шума в морских акваториях;
- внедрение риск-ориентированного подхода к оценке воздействия техногенного подводного шума на морские экосистемы;

- разработка стандартной операционной процедуры анализа риска техногенного шумового загрязнения морей;
- выбор региональных критериев риска техногенного подводного шумового загрязнения морей и уровней значимости риска;
- оценка значимости риска с учетом возможных последствий техногенного подводного шумового загрязнения морей.

Для повышения осведомленности о рисках шумового загрязнения, обобщения и согласования данных об источниках техногенного подводного шума и распределении морских биологических видов необходима разработка:

- свободно доступных баз данных мониторинга для каждого моря;
- баз математических моделей экосистем шельфовых районов и морей;
- интерактивных карт уязвимости морского биоразнообразия для воздействия техногенного подводного шума.

Выводы

Conclusion

Несмотря на признание риска подводного шумового загрязнения морских экосистем, управление техногенным подводным шумом морских объектов находится не на должном уровне.

Применение риск-ориентированного и экосистемного подходов к определению экологической значимости воздействий техногенного подводного шума на морские экосистемы является перспективным направлением исследований. Если данные подходы будут реализованы, то это обеспечит достаточно объективную оценку экологического статуса морей, составит научно-методическую и нормативную основу для борьбы с воздействием шума.

При развитии в российских арктических морях транспортных коммуникаций и других видов экономической активности становится особенно актуальной крупномасштабная оценка экологических рисков, включая техногенное подводное шумовое загрязнение Арктики. Техногенное подводное воздействие шума на арктические экосистемы сопряжено с социально-экологическими рисками для традиционного образа жизни коренных малочисленных народов Севера, целостность которого можно поддерживать при сбалансированном использовании биологических ресурсов.

В России необходимо создавать научную базу управления техногенным подводным шумом. На основе изучения международного опыта управления риском шумового загрязнения европейских морей можно сделать вывод о возможности и пользы применения риск-ориентированного подхода к исследованию воздействия техногенного подводного шума на экосистемы морей российской юрисдикции.

Список использованной литературы

1. Перспективные направления развития системных исследований техногенного подводного шума морской техники / *Таровик В.И., Вальдман Н.А., Лабузов А.Г., Маляренко Н.Л.* // Труды Крыловского государственного научного центра. 2021. Вып. 4(398). С. 148–160. DOI: 10.24937/2542-2324-2021-4-398-148-160.
2. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) // Official Journal of the European Union. 2008. Vol. 51. P. 19–40. (L Series ; № 164).
3. Морская доктрина Российской Федерации : [утв. Президентом Рос. Федерации 26 июля 2015 г.] // Кодекс: Техэксперт : [сайт]. Санкт-Петербург, 2017. URL: <https://docs.cntd.ru/document/555631869> (дата обращения: 21.04.2022).
4. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля : Федеральный закон от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ : [принят Гос. Думой 19 дек. 2008 г.] // Официальный интернет-портал правовой информации : [сайт]. Москва, 2021. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102126836> (дата обращения: 21.07.2022).
5. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации : Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ : [Принят Гос. Думой 22 июля 2020 г.] // Официальный интернет-портал правовой информации : [сайт]. Москва, 2020. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007310018> (дата обращения: 21.07.2022).
6. Management and monitoring of underwater noise in European Seas : Overview of main European-funded projects and other relevant initiatives / Ed. *M. Ferreira, R. Dekeling*. Leiden : Coastal and Marine Union (EUCC), 2019. 38 p. (TG Noise Communication Report ; No. 2).
7. *Boisen N.H.* New technology aims to help the oil and gas industry avoid marine animals during exploration // WWF's Arctic Programme : [site]. S.l., 2018. URL: <https://www.arcticwwf.org/the-circle/stories/new-technology-aims-to-help-the-oil-and-gas-industry-avoid-marine-animals-during-exploration/> (дата обращения: 22.12.2021).
8. European Marine Observation and Data Network (EMODnet) : [site]. S.l., 2022. URL: <https://portal.emodnet-physics.eu/> (Accessed: 21.04.2022).
9. Ocean Noise Mapping in Support to EU and International Regulations Marine Services 2016 // Copernicus Marine Environment Monitoring Service // European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites, 2016. URL: <https://www.eumetsat.int/copernicus/copernicus-marine> (дата обращения: 21.07.2022).
10. Application of a risk-based approach to continuous underwater noise at local and subregional scales for the Marine Strategy Framework Directive / *Verling E., Riccos R.M., Bou-Cabo M.* [et al.] // Marine Policy. 2021. Vol. 134. P. 104786 (13 p.) DOI: 10.1016/j.marpol.2021.104786.
11. ISO 31000:2018. Risk Management. Guidelines. Geneva : Int. Organization for Standardization, 2018. 16 p.
12. IEC 31010:2019. Risk Management. Risk assessment techniques. Geneva : Int. Organization for Standardization, 2019. 264 p.
13. ГОСТ Р ИСО 31000-2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство. Москва : Стандартиформ, 2021. 20 с.
14. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. Москва : Стандартиформ, 2020. IV, 85 с.
15. *Burdon D., Barnard S., Boyes E.M.* Oil and gas infrastructure decommissioning in marine protected areas: System complexity, analysis and challenges // Marine Pollution Bulletin. 2018. Vol. 135. P. 739–758.
16. ASA S3/SC1.4 TR-2014. Sound exposure guidelines for fishes and sea turtles : A technical report prepared by ANSI Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI / *Popper A.N., Hawkins A.D., Fay R.R.* [et al.]. Cham ; New York : Springer, 2014. XVI, 73 p. (Springer Briefs in Oceanography).
17. National Marine Fisheries Service. 2018 Revisions to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0): Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. U.S. Dept. of Commer., NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59, 2018, 167 p.
18. Co-occurrence of gray whales and vessel traffic in the North Pacific Ocean / *G.K. Silber, D.W. Weller,*

- R.R. Reeves [et al.] // *Endangered Species Research*. 2021. Vol. 44. P. 177–201. DOI: 10.3354/esr01093.
19. Decision-making tool to help the marine industry in the Arctic region // Noveltis : [site]. S.l., 2022. URL: [https://www.noveltis.fr/en/references/decision-making-tool-to-help-the-marine-industry-in-the-arctic-region/#iLightbox\[5cc4cb3879a1cd516ed\]/0](https://www.noveltis.fr/en/references/decision-making-tool-to-help-the-marine-industry-in-the-arctic-region/#iLightbox[5cc4cb3879a1cd516ed]/0) (Accessed: 22.12.2021).
20. Морской портал // Сканэкс : [сайт]. Москва, 2022. URL: <https://www.scanex.ru/cloud/maritime/> (дата обращения: 04.05.2022).
21. Телегина А. Использование спутниковых данных для наблюдения за морским льдом. Ч. 2 // Олимпиады и конкурсы Высшей школы экономики : [сайт]. Москва, 2018. URL: <https://olymp.hse.ru/mirror/pubs/share/418785841.pdf> (дата обращения: 04.05.2022).
- ## References
1. Promising fields of system research in man-made underwater marine noise/ V.I. Tarovik, N.A. Valdman, A.G. Labuzov, N.L. Malyarenko // *Transactions of Krylov State Research Center*. 2021. Vol. 4(398). P. 148–160. DOI: 10.24937/2542-2324-2021-4-398-148-160 (in Russian).
2. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) // *Official Journal of the European Union*. 2008. Vol. 51. P. 19–40. (L Series ; № 164).
3. The Maritime Doctrine of the Russian Federation: [approved by The President of the Russian Federation on 26 July 2015] // Code: Techexpert : [site]. St. Petersburg, 2017. URL: <https://docs.cntd.ru/document/555631869> (Accessed: 21.04.2022) (in Russian).
4. On the Protection of the Rights of Legal Entities and Individual Entrepreneurs in the Exercise of State Control (Supervision) and Municipal Control : Federal Law No. 294-FZ of December 26, 2008: [adopted by the State Duma on Dec. 2008] // *Official Internet portal of legal information* : [site]. Moscow, 2021. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102126836> (Accessed: 21.07.2022) (in Russian).
5. On State Control (Supervision) and Municipal Control in the Russian Federation : Federal Law No. 248-FZ of July 31, 2020 : [Adopted by the State Duma on July 22, 2020] // *Official Internet Portal of Legal Information*: [site]. Moscow, 2020. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007310018> (Accessed: 21.07.2022) (in Russian).
6. Management and monitoring of underwater noise in European Seas : Overview of main European-funded projects and other relevant initiatives / Ed. M. Ferreira, R. De-keling. Leiden : Coastal and Marine Union (EUCC), 2019. 38 p. (TG Noise Communication Report ; No. 2).
7. Boisen N.H. New technology aims to help the oil and gas industry avoid marine animals during exploration // WWF's Arctic Programme : [site]. S.l., 2018. URL: <https://www.arcticwwf.org/the-circle/stories/new-technology-aims-to-help-the-oil-and-gas-industry-avoid-marine-animals-during-exploration> (Accessed: 22.12.2021).
8. European Marine Observation and Data Network (EMODnet) : [site]. S.l., 2022. URL: <https://portal.emodnet-physics.eu> (Accessed: 21.04.2022).
9. Ocean Noise Mapping in Support to EU and International Regulations Marine Services 2016 // Copernicus Marine Environment Monitoring Service // European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites, 2016. URL: <https://www.eumetsat.int/copernicus/copernicus-marine> (дата обращения: 21.07.2022).
10. Application of a risk-based approach to continuous underwater noise at local and subregional scales for the Marine Strategy Framework Directive / E. Verling, R.M. Ricos, M. Bou-Cabo [et al.] // *Marine Policy*. 2021. Vol. 134. P. 104786 (13 p.). DOI: 10.1016/j.marpol.2021.104786.
11. ISO 31000:2018. Risk Management. Guidelines. Geneva : Int. Organization for Standardization, 2018. 16 p.
12. IEC 31010:2019. Risk Management. Risk assessment techniques. Geneva : Int. Organization for Standardization, 2019. 264 p.
13. GOST R ISO 31000-2019. Risk management. Principles and guidelines. Moscow : Standartinform, 2021. 20 p. (in Russian).
14. GOST R 58771-2019. Risk management. Risk assessment technologies. Moscow : Standartinform, 2020. IV, 85 p. (in Russian).
15. Burdon D., Barnard S., Boyes E.M. Oil and gas infrastructure decommissioning in marine protected areas: System complexity, analysis and challenges // *Marine Pollution Bulletin*. 2018. Vol. 135. P. 739–758.
16. ASA S3/SC1.4 TR-2014. Sound exposure guidelines for fishes and sea turtles : A technical report prepared by ANSI Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI / A.N. Popper, A.D. Hawkins, R.R. Fay [et al.]. Cham ; New York : Springer, 2014. XVI, 73 p. (Springer Briefs in Oceanography).
17. National Marine Fisheries Service. 2018 Revisions to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0): Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. U.S. Dept. of

- Commer., NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59, 2018, 167 p.
18. Co-occurrence of gray whales and vessel traffic in the North Pacific Ocean / *Silber G.K., Weller D.W., Reeves R.R.* [et al.] // *Endangered Species Research*. 2021. Vol. 44. P. 177–201. DOI: 10.3354/esr01093.
 19. Decision-making tool to help the marine industry in the Arctic region // *Noveltis*: [site]. S.l., 2022. URL: [https://www.noveltis.fr/en/references/decision-making-tool-to-help-the-marine-industry-in-the-arctic-region/#lightbox\[5cc4cb3879a1cd516ed\]/0](https://www.noveltis.fr/en/references/decision-making-tool-to-help-the-marine-industry-in-the-arctic-region/#lightbox[5cc4cb3879a1cd516ed]/0) (Accessed: 22.12.2021).
 20. Marine portal // *Scanex*: [site]. Moscow, 2022. URL: <https://www.scanex.ru/cloud/maritime> (Accessed: 04.05.2022) (*in Russian*).
 21. *Telegina A.* The use of satellite data for monitoring sea ice. Part 2 // *Olympiads and competitions of the Higher*

School of Economics: [site]. Moscow, 2018. URL: <https://olymp.hse.ru/mirror/pubs/share/418785841.pdf> (Accessed: 04.05.2022) (*in Russian*).

Сведения об авторе

Маляренко Нина Леонидовна, научный сотрудник ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 683-70-70. E-mail: nmoshnik@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0001-9359-9451>.

About the author

Nina L. Malyarenko, Researcher, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoe sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 683-70-70. E-mail: nmoshnik@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0001-9359-9451>.

Поступила / Received: 07.07.22
Принята в печать / Accepted: 07.10.22
© Маляренко Н.Л., 2022

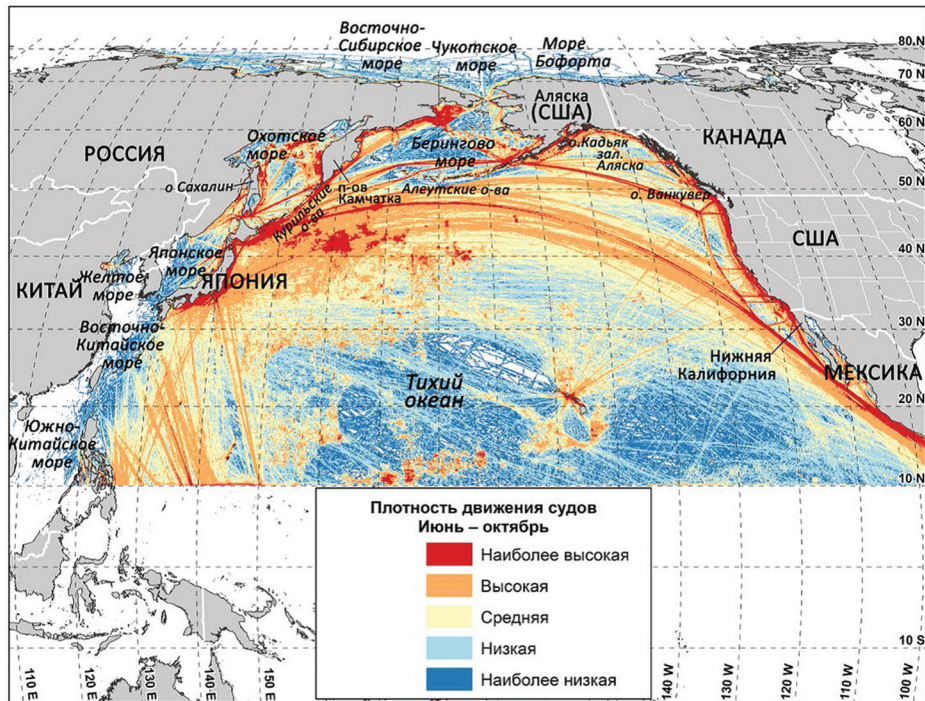


Рис. 3. Относительная плотность движения судов в 2019 г. (показана в часах работы на ячейку сетки 10×10 км). Плотность движения распределена в соответствии с годовым циклом миграции серых китов [18]

Fig. 3. Relative density of ship traffic in 2019 (hours of work per 10×10 km mesh cell). Traffic density is distributed with respect to the annual migration cycle of grey whales [18]

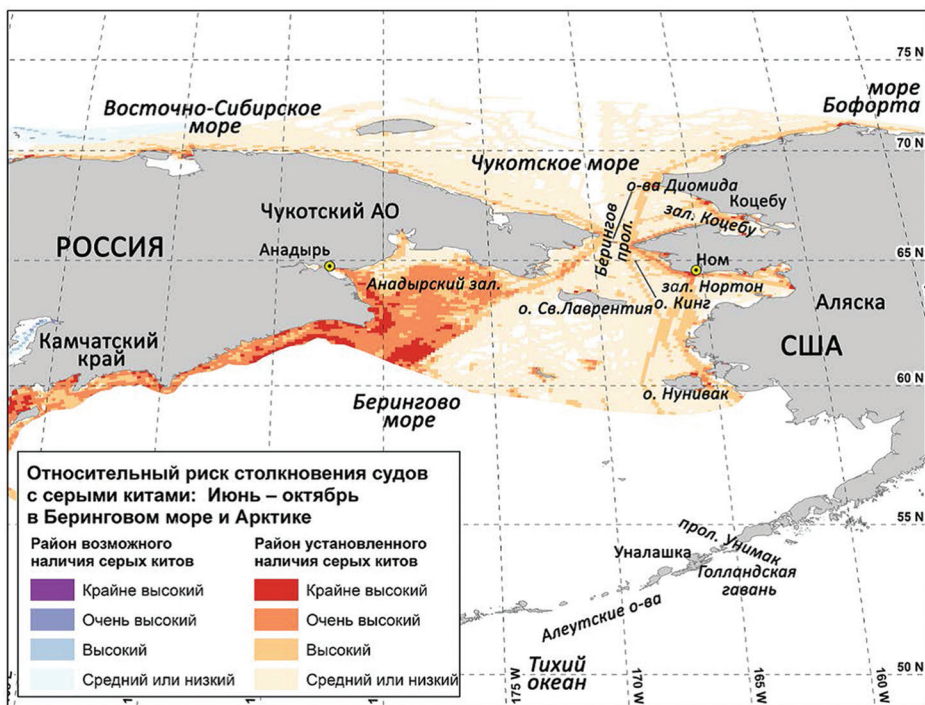


Рис. 4. Карта риска встречи судов с серыми китами в периоды летне-осеннего нагула [18]

Fig. 4. Risk map of ship encounters with grey whales in the periods of summer and autumn fattening [18]

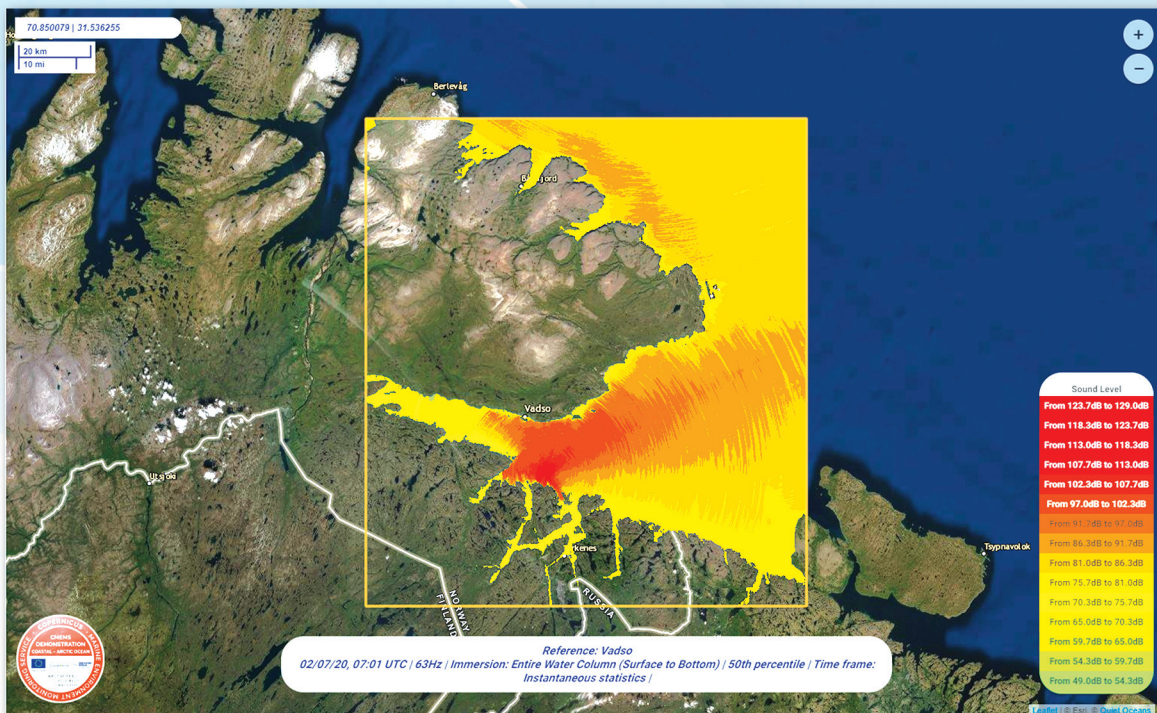


Рис. 5. Скриншот, отражающий прогнозируемые уровни подводного шума у берегов полуострова Варангер (Норвегия) на северо-востоке Баренцева моря (сервис Arcivities [19])

Fig. 5. Screenshot illustrating predicted underwater noise levels near the coasts of Varanger Peninsula (Norway) in the north-east of the Barents Sea (service Arcivities [19])



Рис. 6. Спутниковые снимки залежей детенышей тюленей на льду Белого моря (проект «Бельки-2019» от «СКАНЭКС» [21])

Fig. 6. Satellite images of seal pups on the White Sea ice (SCANEX project White-Coat Seals 2019 [21])