

## ТЕХНОГЕННЫЙ ПОДВОДНЫЙ ШУМ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АРКТИКЕ

**В. И. Таровик, О. В. Савченко**

Крыловский государственный научный центр (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Н. Г. Кутаева**

ФГБУ «Морская спасательная служба» (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 16 июля 2021 г.

---

*Техногенный подводный шум является видом антропогенного загрязнения морской среды. Морские нефтегазовые сооружения, транспортные и ледокольные суда, а также объекты портовой инфраструктуры, расположенные на акваториях российского шельфа и на трассах Северного морского пути, могут рассматриваться как его основные источники. Сделан вывод о необходимости постановки и выполнения комплексной целевой программы, цель которой – системные исследования, регламентация и стандартизация параметров техногенного подводного шума объектов морской техники различных типов.*

**Ключевые слова:** техногенный подводный шум, морские буровые установки, морские добычные платформы, транспортные суда, ледоколы, объекты портовой инфраструктуры.

### Введение

В мае 2021 г. Российская Федерация на два года стала председателем в Арктическом совете — ведущем международном форуме, содействующем сотрудничеству в Арктике. В составе Арктического совета сформированы тематические рабочие группы, которые действуют на основании специального мандата, разрабатывают и осуществляют проекты по программам профильной деятельности. Результаты работ имеют рекомендательный характер. По Программе защиты морской среды (Protection of the Arctic Marine Environment — PAME) создана одна из шести тематических рабочих групп, в область компетенций которой включены вопросы защиты морской среды в арктических акваториях интенсивного

судоходства [1]. Деятельность PAME осуществляется по следующим направлениям:

- арктическое судоходство;
- морские охраняемые районы;
- разведка и разработка ресурсов;
- экосистемный подход к управлению;
- загрязнение морской среды Арктики.

В рамках PAME осуществляются проекты по реализации «Стратегического плана по защите арктической морской среды», оценке воздействия арктического морского судоходства и портовых мощностей по переработке судовых и грузовых отходов, по изучению крупных морских экосистем, обновлению региональной программы действий по защите арктической морской среды от негативных последствий антропогенной деятельности. В последние годы в повестку дня PAME включена проблематика техно-

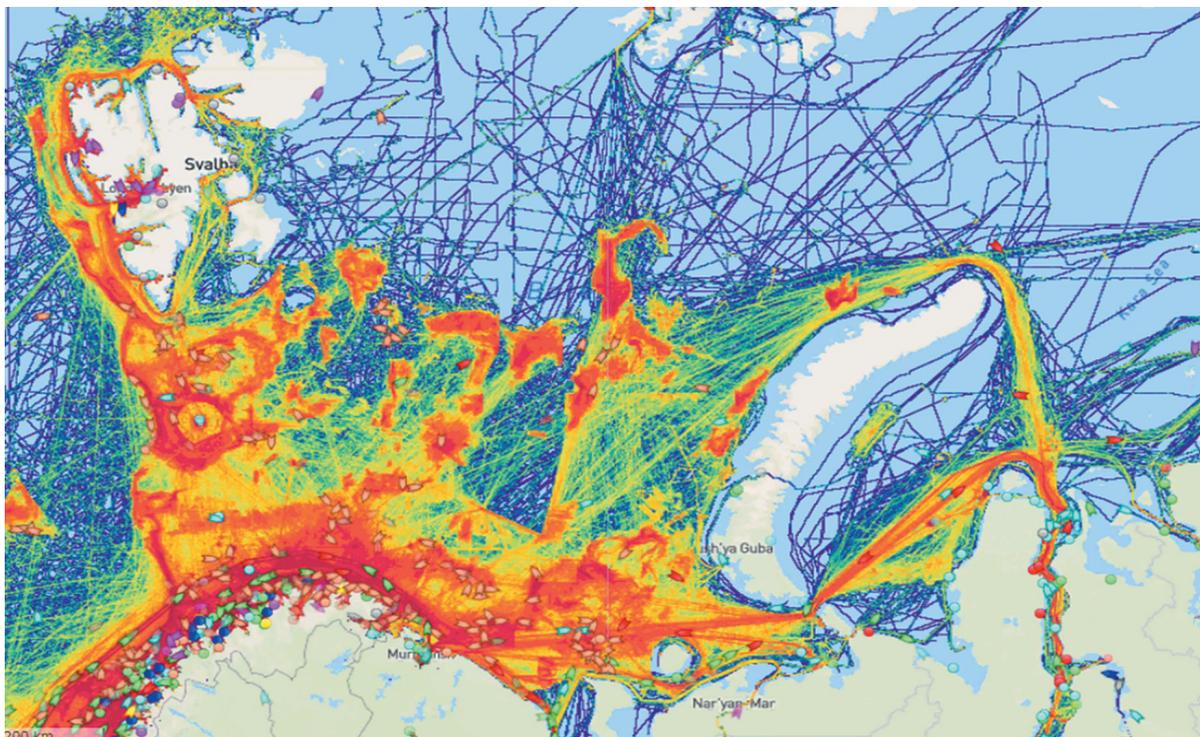


Рис. 1. Интенсивность судоходства в западной части российской Арктики ([www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com))  
Fig. 1. Navigation activity in the western part of the Russian Arctic ([www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com))

генного подводного шума как фактора, в значительной степени определяющего экологическую безопасность жизнедеятельности морских экосистем.

Перспектива активного промышленного освоения арктических и дальневосточных месторождений связана с расширением деятельности ведущих нефтегазовых компаний на лицензионных участках российского шельфа. Этот процесс естественным образом связан со строительством нефтегазовых сооружений на морских акваториях и увеличением количества судов транспортного и вспомогательного флота на трассах Северного морского пути (СМП). Иллюстрация транспортной нагрузки в 2019—2020 гг. на арктическую морскую экосистему приведена на рис. 1. Красным цветом обозначена интенсивность судоходства, которая составляет несколько сотен тысяч проходов судов в течение года.

Масштабная промышленная и транспортная деятельность требует адекватного масштаба системных исследований факторов, связанных с этим процессом. Одним из таких факторов, имеющих выраженную экологическую направленность, является техногенный подводный шум стационарных и мобильных объектов морской техники, в частности:

- морских промышленных сооружений — нефтегазовых буровых установок, добычных платформ и подводных трубопроводов;
- объектов портовой инфраструктуры;
- судов транспортного и технологического флота, ледоколов и ледокольных караванов.

В область задач системных исследований входят:

- натурные исследования техногенного подводного шума морских промышленных сооружений, судоходства и объектов портовой инфраструктуры;
- физическое и математическое моделирование параметров распространения техногенного подводного шума в контролируемых акваториях;
- оценка влияния гидрографических, гидрологических и иных факторов естественного происхождения на параметры техногенного подводного шума морской техники.

Проблематика техногенного подводного шума как фактора экологической безопасности акваторий Мирового океана является предметом пристального внимания зарубежных классификационных обществ, государственных органов и общественных организаций, в частности:

- Норвежского бюро Веритас (Det Norske Veritas — DNV);
- Американского бюро судоходства (American Bureau of Shipping — ABS);
- Международной морской организации (International Marine Organization — IMO);
- Генеральной ассамблеи ООН (73-й сессии) и др.

Разрабатываются и публикуются соответствующие нормативные документы. Неправительственные природоохранные организации и ряд стран (Канада, Финляндия, США, Германия и др.) проводят активную политику, направленную на выработку мер по снижению подводного шума от коммерче-

ских судов. Так, на 76-й сессии комитета ИМО по защите морской среды, состоявшейся в июне 2021 г., принято решение о включении в повестку обсуждения документа «Пересмотр Руководства 2014 г. по снижению подводного шума от коммерческого судоходства для устранения неблагоприятных воздействий на морскую флору и фауну и определения следующих шагов» [2].

Помимо РАМЕ и региональные организации, такие как Комиссия по защите морской среды Балтийского моря (Baltic Marine Environment Commission — Helsinki Commission, HELCOM), проводят работу по этой проблематике. В частности, HELCOM при участии Крыловского государственного научного центра (КГНЦ) разработали «Региональный план по снижению подводного шума судов и морской техники» [3]. В этот документ включены пункты о координации с ИМО действий по снижению техногенной шумовой нагрузки на морские экосистемы Балтийского моря и необходимости формирования базы данных основных техногенных источников подводного шума. Обсуждалось и признано целесообразным предложение КГНЦ о создании постоянно действующей международной морской экологической экспедиции с участием стран Балтийского моря.

Принимая во внимание активное обсуждение проблематики техногенного подводного шума на международном уровне, можно с высокой долей вероятности ожидать роста активности в разработке соответствующих мер добровольного или обязательного характера. При этом надо понимать, какие последствия для российского флота и морской промышленной деятельности могут иметь такие действия, насколько выполнимы и приемлемы будут предъявляемые требования действующих и перспективных международных стандартов. С этой целью необходимо уже сейчас в срочном порядке начать выполнение всех необходимых теоретических и натурных исследований, чтобы на стадии предстоящих обсуждений предлагаемых мер для снижения подводного шума судов и морских промышленных объектов иметь возможность отстаивать именно те позиции, которые будут отвечать интересам российской морской транспортной и промышленной деятельности. В соответствии со вступившим в силу 1 января 2021 г. постановлением Правительства РФ «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений» от 16 ноября 2020 г. № 1847 измерения уровней подводного шума в особо охраняемых арктических зонах России (п. 9.44), измерения уровней подводного шума, излучаемого коммерческими судами (п. 9.45), и измерения подводного шума при сооружении и эксплуатации морских стационарных объектов (п. 9.46) входят в состав перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования.

В то же время в отечественной нормативной базе отсутствуют упоминания о регламентации параме-

тров техногенного подводного шума, а его исследования, как правило, имеют специализированный характер, например в рыболовном промысле. Соответственно не ставятся цели по скоординированной работе научно-исследовательских и проектных организаций, промышленных и судоходных компаний в этом направлении. Основной проблемной точкой, очевидно, можно считать отсутствие отечественных нормативных требований к параметрам подводного шума гражданской морской техники. При дальнейшем отсутствии собственной российской нормативной базы зарубежное конкурентное давление рано или поздно приведет к необходимости опираться на иностранные правила и стандарты по подводной шумности. А этот путь неизбежно ведет к расширению импорта техники и технологий с соответствующим сужением возможностей промышленной локализации. Следовательно, становится очевидной тесная связь проблематики экологической безопасности и конкурентного соответствия российской морской техники действующим международным требованиям.

Такое видение проблематики техногенного подводного шума требует консолидации усилий основных российских субъектов морской промышленной и транспортной деятельности, а именно:

- нефтегазовых компаний — обладателей лицензий на разработку нефтегазовых участков шельфа в акваториях российской юрисдикции;
- судоходных компаний — владельцев и операторов транспортного, технологического и ледокольного флота;
- администрации Северного морского пути и администраций российских портов;
- профильных научно-исследовательских, проектных и промышленных предприятий;
- ответственных государственных органов, в частности Минприроды, Минтранса, Минпромторга, Минобрнауки и МИДа.

Чтобы сформировать российскую нормативную базу — стандарты и правила по регламентации техногенного подводного шума, необходимо выполнить масштабную системную работу, важнейшей частью которой являются натурные исследования, т. е. определение спектральных, пространственных и временных параметров его основных источников — стационарных и мобильных объектов гражданской морской техники. При этом очевидна необходимость создания инновационных технических средств для натурных исследований подводной шумности в ледовых арктических условиях. Формирование базы данных параметров подводной шумности действующих морских объектов и разработка требований по подводной шумности перспективной морской техники позволит по принципу «от достигнутого» сформировать требования к виброакустическим параметрам перспективных образцов судового, бурового и технологического нефтегазового оборудования. Получаемая информация даст

## Кораблестроение для Арктики

возможность использовать объективные количественные характеристики техногенного подводного шума объектов морской техники при отстаивании интересов российской морской промышленности и российского флота на международном уровне при разработке международных мер по безопасности жизнедеятельности морских экосистем и в частности — по снижению подводного шума в акваториях Мирового океана.

С точки зрения специалистов КГНЦ эффективное поэтапное системное продвижение в направлении решения обозначенных задач по проблематике техногенного подводного шума гражданской морской техники возможно на основании выполнения Комплексной целевой программы (КЦП) с привлечением к ее выполнению широкого круга специализированных предприятий и организаций. По своему содержанию такая КЦП, рассчитанная на 8—10 лет, должна быть направлена на системные исследования, накопление, анализ и регламентацию частотных, пространственных и временных параметров техногенного подводного шума морской техники — морских промышленных объектов (нефтегазовых поисково-разведочных буровых установок, добычных платформ, подводных добычных комплексов, подводных трубопроводных систем, технологических и вспомогательных судов нефтегазового флота), ледоколов, ледокольных караванов и транспортных судов различных типов, а также объектов портовой инфраструктуры в акваториях и на трассах Северного морского пути. Основной отличительной чертой, планируемой КЦП, является ее ориентация на арктические акватории, где имеют место достаточно сложные гидрологические, океанографические, ледовые и метеорологические условия. Соответственно требуется разработка адекватных методик натурных исследований и инновационных технических средств для выполнения гидроакустических измерений.

### Основные источники техногенного подводного шума

Стационарные и мобильные объекты гражданской морской техники представляют собой источники техногенного подводного шума высокой интенсивности. На характеристики их подводного шума оказывают большое влияние энерговооруженность, конструкция, общее расположение и функциональное назначение объекта, расположение и способы установки механизмов и машин на фундаментные конструкции, наличие или отсутствие средств амортизации, эффективность средств демпфирования и поглощения вибрационной энергии и др. Специального внимания требуют характеристики подводного шума движителей, работающих в ледовых условиях.

К стационарным объектам морской техники как источникам техногенного подводного шума целесообразно отнести:

- морские нефтегазовые буровые установки, добычные платформы и буровые суда в режиме поисково-разведочного бурения, добычи и переработки углеводородов;
  - морские подводные трубопроводы, донное устьевое и технологическое оборудование;
  - объекты портовой инфраструктуры.
- Соответственно к основным мобильным источникам техногенного подводного шума могут быть отнесены:
- транспортные и технологические суда;
  - морские нефтегазовые и промышленные сооружения в режиме выполнения морских транспортных операций;
  - ледоколы и ледокольные караваны.

Объекты портовой инфраструктуры могут рассматриваться как распределенные в пространстве конкретной акватории стационарные источники, на подводный шум которых накладывается подводный шум портового судоходства. Ледокольные караваны, очевидно, представляют собой распределенный в пространстве мобильный источник техногенного подводного шума.

Одной из принципиально значимых задач исследований подводной шумности морских объектов является идентификация физических источников, которые определяют основной вклад в спектральные, пространственные и временные шумовые характеристики. Это может быть оборудование бортовой энергетической системы, виброактивное судовое, буровое или технологическое оборудование, трубопроводы, вентиляция и пр. Как правило, гидроакустические исследования содержат исследования физических источников подводного шума и определения их вклада в подводный шум морского объекта. Следует также отметить огромное количество опубликованных за последние приблизительно 50 лет зарубежных материалов по проблематике техногенного подводного шума. Так, в [4—11] приводятся результаты натурных исследований подводной шумности объектов гражданской морской техники различных типов, анализ действующей международной нормативно-правовой документации, регламентирующей допустимые характеристики подводной шумности. Необходимо отметить, что основное внимание международной нормативно-правовой документации и стандартов обращено в сторону подводной шумности судов различных типов. Гораздо реже наблюдаются публикации об исследованиях подводного шума морских нефтегазовых сооружений и объектов портовой инфраструктуры, как нет и информации о стандартах их подводной шумности. Вероятно, регламентация подводной шумности стационарных морских объектов этого типа — дело ближайшего будущего.

### Подводный шум стационарных источников

Известно, что основными качественными критериями при оценке параметров техногенного под-

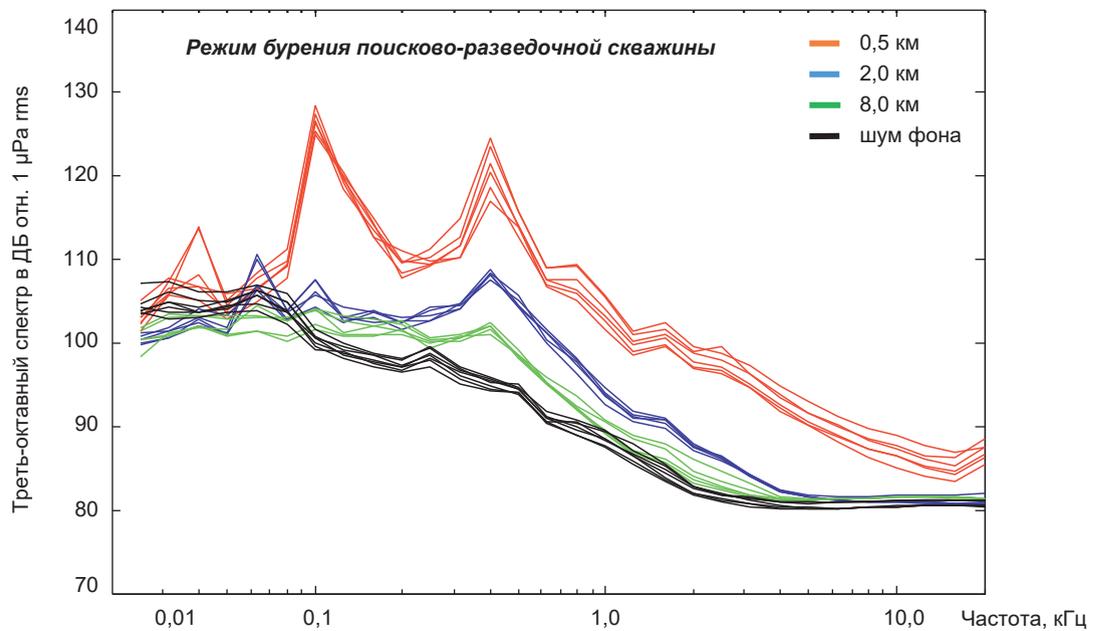


Рис. 2. Треть-октавный спектр подводного шума бурового судна «Stena Forth» на режиме выполнения буровых работ [13]  
Fig. 2. The third-octave spectrum of the underwater noise of the drilling vessel “Stena Forth” in the drilling operations mode [13]

водного шума объектов морской техники являются: мощность главной энергетической установки, мощность, передаваемая на движители, главные разъемы, водоизмещение, скорость хода. Большое значение имеют также и конструктивные особенности. Так, для полупогружных (ППБУ) и самоподъемных (СПБУ) буровых установок, корпус которых расположен над поверхностью воды, характерны меньшие уровни подводного шума, чем для буровых судов (БС) с корпусом, погруженным в воду до дедвейтной осадки. С этой целью в [12] приводятся значимые для параметров подводной шумности технические характеристики основных типов российских стационарных и мобильных морских объектов — источников техногенного подводного шума.

К развивающимся направлениям в российском судостроении могут быть отнесены буровые суда, являющиеся перспективным техническим решением для обеспечения круглогодичного бурения в ледовых арктических условиях. По функциональным возможностям это самоходные буровые установки для поисково-разведочного бурения. Соответственно на них проявляются физические источники подводного шума, характерные для судов как мобильных источников. С другой стороны, на этапе постановки на точку бурения, подготовки к выполнению буровых работ и при выполнении бурения эти суда являются стационарным источником подводного шума высокой интенсивности. КГНЦ разработал концептуальный проект БС, адекватный тяжелым условиям работы в российской Арктике. Это буровое судно проекта БС035 имеет ледовый класс Arc7, высокую степень судовой и технологической автономности, усиленную двойную систему удержания на точ-

ке — динамическое позиционирование и турельную якорно-швартовную систему, а также оперативные и коммерческие преимущества при необходимости перемещения в отдаленные от береговой инфраструктуры акватории. Большой вклад в подводную шумность этого и других буровых судов вносит постоянно действующая система динамического позиционирования на точке выполнения буровых работ. У проекта БС035 система динамического позиционирования состоит из шести азимутальных движителей каждый мощностью 5,5 МВт.

Параметры подводной шумности перспективного для использования в акваториях российской Арктики бурового судна проекта БС035 предположительно будут подобны его косвенному аналогу БС «Stena Forth», флаг Великобритании. Из материалов исследований этого судна [13] следует, что на этапах выполнения буровых работ (рис. 2) превышение его подводной шумности над шумовым фоном естественного происхождения прослеживается на расстояниях порядка 8 км. На этапах подготовки к буровым работам превышение по всему спектру наблюдались на расстояниях 38 км.

В табл. 1 и 2 приведены данные по подводной шумности российских стационарных морских объектов и их зарубежных аналогов.

Указанная в табл. 2 морская ледостойкая технологическая платформа (МЛТП) представляет собой плавучее нефтегазовое промышленное сооружение, на котором производится добыча и переработка первичного пластового продукта с целью сепарации и товарной переработки природного газа и газового конденсата. В корпусе, имеющем судовую форму, размещены бортовой промышлен-

Таблица 1. Основные типы морских буровых установок и приведенные уровни их подводного шума относительно 1  $\mu\text{Pa}$  / 1 m, rms

Тип морской буровой установки	Приведенный уровень подводного шума, дБ
<i>Нефтегазовые поисково-разведочные буровые установки для арктического шельфа</i>	
<b>ППБУ</b> Тип «Полярная звезда» Данных по подводному шуму нет	Подводный шум иностранного аналога [1] — 170 Подводный шум [11]: «Sedco 708» — 138 «Polar Pioneer» — 170 «West Capricorn» — 193
<b>СПБУ</b> «Арктическая» Данных по подводному шуму нет	Подводный шум иностранного аналога [1] — 146 Подводный шум иностранных аналогов [11]: «Sideson II» — 142—160 «BHP Douglas» — 196 «Phillips A» — 129
<b>Буровое судно проекта БС035</b> Проект ФГУП КГНЦ Данных по подводному шуму нет	Подводный шум иностранного аналога «Stena Forth» [13]: подготовка буровых работ — 190 выполнение буровых работ — 184 Иностранные аналоги [14] — 174—185 Иностранные аналоги [11]: «Explorer I» — 145 «Explorer II» — 158 «Noble Discoverer» — 175—192 «Kulluk» — 169—193

Таблица 2. Основные типы морских ледостойких платформ и приведенные уровни их подводного шума относительно 1  $\mu\text{Pa}$  / 1 m, rms

Тип МЛСП	Приведенный уровень подводного шума, дБ
<i>Нефтегазовые добычные морские ледостойкие платформы (МЛСП)</i>	
<b>МЛСП «Приразломная»</b> Ледокольное обеспечение судами «Владислав Стрижов», «Юрий Топчев». Транспортировка нефти танкерами «Михаил Ульянов», «Кирилл Лавров» Данных по подводному шуму нет	Данных по иностранным аналогам нет
<b>МЛСП «Орлан»</b> Транспортировка нефти по подводному трубопроводу длиной 236 км до терминала Де-Кастри Данных по подводному шуму нет	Данных по иностранным аналогам нет
<b>МЛСП «Беркут»</b> Охотское море Транспортировка нефти выполняется по подводному трубопроводу до терминала Де-Кастри. Подводный шум в режиме добычи [17], дБ: на дистанции 2,2 км — 120 на дистанции 3,2 км — 117 приведенный уровень — 167	Данных по иностранным аналогам нет
<b>МЛТП</b> Морская ледостойкая технологическая платформа для Штокмановского газоконденсатного месторождения Проект КГНЦ Данных по подводному шуму нет	Подводный шум иностранных аналогов [11]: «Ningaloo Vision» — 181—185 «Ngujima-Yin» — 170—180 «Cossack Pioneer» — 173—185 «Griffin Venture» — 176—182 «Pyrenees Venture» — 176—180 «Nganhurra» — 171—177

ный комплекс, пропульсивная установка и система удержания на точке выполнения работ. Размеры МЛТП (длина/ширина/высота) — 320/65/19 м, водоизмещение — 260 048 т.

Подводная шумность шести единиц FPSO (Floating production storage object) как иностранных аналогов МЛТП, исследования которых приведены в табл. 2, находится в пределах 170—185 дБ. При этом мощности главных энергетических установок FPSO составляют 15,9—27,1 МВт. Для МЛТП характерна втрое большая мощность главной энергетической установки (около 60 МВт), необходимость в которой связана с арктическим вариантом данной технологической платформы судового типа. При этом суммарная мощность двигателей составляет 31 МВт. Можно прогнозировать соответственно и более значительные уровни подводного шума МЛТП.

#### Подводный шум мобильных источников

Как отмечено выше, к основным мобильным источникам техногенного подводного шума целесообразно отнести крупнотоннажные суда транспортного флота (балкеры, танкеры, газовозы, контейнеровозы), ледоколы и ледокольные караваны, а также перемещаемые морским путем плавучие морские нефтегазовые и промышленные сооруже-

ния (доки, строящиеся платформы, аварийные суда и пр.).

Большой интерес проявляется и при оценке перспектив использования арктических контейнерных судов на маршрутах Северного морского пути. В связи с этим для оценок параметров их подводной шумности необходимо определить возможные технические параметры таких судов. При наличии очевидных географических преимуществ этого маршрута существуют и опасения по поводу возможной неопределенности времени проводки контейнеровозов в ледовых условиях, обеспечения их безопасности и коммерческой эффективности. В [15] публикуются обоснования того, что перспективным для СМП может быть контейнеровоз с высоким ледовым классом и вместимостью 4500 двадцатифутовых контейнеров (TEU). В опытном коммерческом рейсе компании «Maersk» был использован контейнеровоз «Venta Maersk» с контейнеровместимостью 3500 TEU. Приведенные уровни подводного шума судов подобного класса приведены в табл. 3.

Для транспортного обеспечения функционирования строящегося угольного кластера Сырадасайского месторождения на полуострове Таймыр планируется строительство серии из 28—32 угольных балкеров высокого ледового класса Arc5 дедвейтом

**Таблица 3. Основные типы судов и приведенные уровни их подводного шума относительно 1  $\mu$ Pa /1m, rms**

Тип судна	Приведенный уровень подводного шума, дБ
<i>Суда технологического флота для арктического шельфа</i>	
Суда Российской Федерации: трубоукладочное судно; земснаряд; траншейное судно; грунтоукладчик.	Подводный шум иностранных аналогов [16]: трубоукладчик «Castrone» — 192 трубоукладчик «Castoro Sei» — 183 трубоукладчик «Tog Mor» — 169 буксир «Normand Neptune» — 189 земснаряд «MRTS Dikson» — 183
Данных по подводному шуму нет	траншейное судно «Calamity Jane» — 183 судно снабжения «GSP Lyra» — 188 грунтоукладчик «Taccola» — 181 грунтоукладчик «Tertness» — 184
<i>Суда транспортного флота для СМП</i>	
Танкер СПГ Тип «Кристоф де Маржери»  Данных по подводному шуму нет	Подводный шум танкеров СПГ полагается аналогичным подводному шуму танкеров, имеющих подобные основные параметры [18; 19]
Танкер ПАО «Совкомфлот» [7]  NS Century, $v = 13,0$ уз — 182 дБ	Подводный шум иностранных аналогов [7] «ONEX Pease», «Aframax» впервые получили сертификат соответствия стандарту DNV — Silent-E по подводной шумности. «Chemtrans Sky», $v = 14,6$ уз — 181 «Nave Ariadna», $v = 14,6$ уз — 183 «Joinville», $v = 10,0$ уз — 185 «Tambov», $v = 12,0$ уз — 177 «Energy protector», $v = 14,0$ уз — 183 «Southwind», $v = 16,0$ уз — 183

Тип судна	Приведенный уровень подводного шума, дБ
<i>Суда транспортного флота для СМП</i>	
Контейнеровоз проект ICV51 для Севморпути  Данных по подводному шуму нет	Подводный шум иностранных аналогов [11]: «НН Nicol C», $v = 21,8$ уз — 188 «Hero», $v = 21,4$ уз — 184 «Holifax», $v = 20,8$ уз — 187 «Virginia», $v = 20,6$ уз — 185 «Ever Reward», $v = 20,8$ уз — 185
Балкеры ПАО «Совкомфлот» [10]: «S Yakutia», $v = 8,1$ уз — 175 дБ «NS Energy», $v = 7,0$ уз — 186 дБ	Подводный шум иностранных аналогов [10]: «Nordic Odin», $v = 8,7$ уз — 180 «Nordic Orion», $v = 7,5$ уз — 185 «Nordic Odissey», $v = 8,4$ уз — 187 «Golen Pearl», $v = 8,6$ уз — 175 «Kai Oldendorf», $v = 8,0$ уз — 186 «Gisella Oldendorf», $v = 8,8$ уз — 179 «Am Quebec», $v = 7,0$ уз — 191 Подводный шум иностранных аналогов [11]: «Pansolar», $v = 14,0$ уз — 186 «P.R. Cresswell», $v = 0$ (stop) — 157 «White Palm», $v = 14,2$ уз — 184
Ледоколы Российской Федерации  Данных по подводному шуму нет	Зарубежных атомных аналогов нет.  Подводный шум неатомных аналогов на чистой воде [20] — 190—200 Подводный шум неатомных аналогов [11]: «C. Healy», $v = 8,0$ уз — 175—197 «C. Kigoriak», $v = 10,0$ уз — 182 «R. Lemeur», $v = 0$ (stop) — 196 «Polar Prince», $v = 5,0$ уз — 163

105 тыс. т, работающих на сжиженном природном газе. Японская компания «Hyundai Heavy Industries» проектирует для СМП балкеры ледокольного типа с дедвейтом 109 тыс. т. Для оценок подводной шумности представляют интерес работающие сегодня на маршрутах СМП балкеры с дедвейтами 72—75 тыс. т, например «НС Якутия» (ПАО «Совкомфлот») или «Sanko Odyssey» (Япония).

Необходимо отметить также запланированную ПАО «НК «Роснефть»» разработку нефтяного месторождения по проекту «Восток Ойл». Ключевым транспортным узлом станет крупнейший в Арктике нефтеналивной терминал в Енисейском заливе «Бухта Север», расположенный на западе полуострова Таймыр в 40 км южнее поселка Диксон. Выход порта на полную мощность по нефтеперевалке в 115 млн т планируется к 2030 г. Вывоз нефти по СМП будет осуществляться с использованием 10 танкеров дедвейтом примерно 120 тыс. т.

**Подводный шум объектов портовой инфраструктуры**

В [12] рассматриваются качественные оценки основных источников техногенного подводного шума береговой и в частности портовой инфраструкту-

ры. По оценкам исследований [21], в материалах которых рассматриваются вопросы техногенного подводного шума в акваториях портов Северного моря, суда с пропульсивной мощностью порядка 5—10 МВт создают подводный шум в пределах 0,8—16 Вт на каждый МВт пропульсивной мощности. Соответственно для портов Нидерландов в 1999—2001 гг. суточный эквивалент акустической энергии оценивался в 230—2300 МДж.

В качестве примера источника техногенного подводного шума портовой инфраструктуры может быть рассмотрен активно развивающийся порт Сабетта как транспортный узел ПАО «Новатэк» проекта «Ямал СПГ», расположенный в Обской губе. Сегодня на терминалах этого порта обрабатывается большое количество судов (рис. 3), среди которых около 65% составляют суда портового технического флота, 6% — балкеры, 27% — газовозы СПГ. Даже на этапе качественных оценок можно утверждать, что техногенная шумовая нагрузка на акваторию порта и прилегающие к нему акватории велика, что для порта Сабетта иллюстрируется рис. 3 и 1.

Для получения количественных данных о спектральных, пространственных и временных характеристиках техногенного подводного шума необходи-

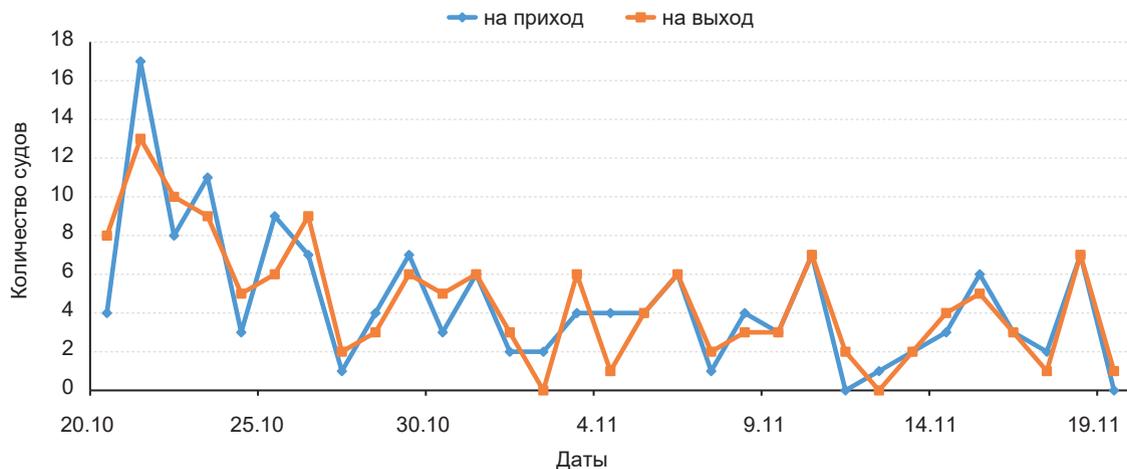


Рис. 3. Интенсивность судоходства в акватории порта Сабетта, проект «Ямал СПГ» ПАО «Новатэк» ([www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com))  
Fig. 3. Navigation activity in the waters of port Sabetta, Yamal LNG project, PAO "Novatek" ([www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com))

мы натурные исследования в акватории порта Сабетта. В связи с гидрологическими особенностями Обской губы, сложным рельефом дна, ледовыми условиями потребуются разработка специальных методик выполнения исследований и соответствующих арктических измерительных технических средств. Вследствие мелководности акваторий большинства российских арктических портов, особенностей гидрологии и береговых линий, а также многообразия источников техногенного подводного шума потребуются создание технологий натурных исследований, соответствующих условиям конкретных портов. Поэтому большое практическое значение имеет разработка перспективных судовых, донных или автономных плавучих носителей измерительного оборудования. Для обеспечения системных исследований подводного шума объектов портовой инфраструктуры потребуются разработка инновационного научно-технического обеспечения работ и консолидированная организационно-административная работа.

### Заключение

1. Целью настоящей статьи является по возможности расширенное обсуждение проблематики техногенного подводного шума как относительно нового для российской морской деятельности направления. В нем тесно переплетаются вопросы экологической безопасности жизнедеятельности морских экосистем в акваториях морей российской юрисдикции с вопросами соответствия действующим международным стандартам по подводной шумности гражданской морской техники. Очевидным становится понимание необходимости конкурентного противодействия иностранным компаниям по критериям соответствия действующим нормам по подводной шумности морской техники.

2. Для получения объективных данных о параметрах техногенного подводного шума морских промышленных объектов, судоходства и портовой

инфраструктуры необходим комплекс системных и в первую очередь натуральных исследований. Систематизация таких данных даст основу для создания российских стандартов по техногенному подводному шуму, а также правил виброакустического проектирования гражданской морской техники. Планируемые сегодня КГНЦ исследования в рамках перспективной Комплексной целевой программы дадут возможность уже на стадии обсуждения предлагаемых действий на международных площадках сформировать консолидированное понимание того, какие конкурентные преимущества российскому флоту и морской нефтегазовой промышленности могут дать мероприятия по снижению и регламентации техногенного подводного шума. Результаты выполнения планируемой КЦП также дадут основания и возможности отстаивать именно те меры, которые будут отвечать интересам российской морской транспортной и промышленной деятельности.

Работа выполнена в процессе подготовки к постановке комплексной целевой программы, направленной на выполнение системных исследований техногенного подводного шума морских промышленных объектов, судоходства и портовой инфраструктуры в акваториях российских морей.

Авторы выражают благодарность специалистам Минобрнауки России, Минприроды России, Минтранса России, Госкорпорации «Росатом», Минпромторгу России за поддержку и заинтересованность в развитии системных исследований техногенного подводного шума как значимого экологического фактора при транспортном и промышленном освоении шельфовых нефтегазовых месторождений и морских транспортных путей.

### Литература/References

1. Underwater noise in the Arctic. A State of Knowledge Report. Protection of Arctic Marine Environment,

- PAME, Arctic Council. 2019. Available at: <https://oarchive.arctic-council.org/handle/11374/2394>.
2. IMO MEPC.1/Circ.833: Guidelines for the Reduction of Underwater Noise from Commercial Shipping to Address Adverse Impacts on Marine Life. 21st ASCOBANS Advisory Committee Meeting. 29 September — 1 October 2014. Available at: [https://www.ascobans.org/sites/default/files/document/AC21\\_Inf\\_3.2.1\\_IMO\\_NoiseGuidelines.pdf](https://www.ascobans.org/sites/default/files/document/AC21_Inf_3.2.1_IMO_NoiseGuidelines.pdf).
3. Baltic Sea Action Plan. 2021 update. HELCOM. Baltic Marine Environment Protection Commission. Available at: <https://helcom.fi/media/publications/Baltic-Sea-Action-Plan-2021-update.pdf>.
4. Калю В. А., Таровик В. И., Чижов В. Ю. Уменьшение подводной шумности коммерческих судов — актуальная задача судовой акустики // Сборник трудов научной конференции «Сессия научного совета РАН по акустике и сессия Российского акустического общества». — [Б. м.]: ГЕОС, 2011. — С. 218—221. Kalyu V. A., Tarovik V. I., Chizhov V. Yu. Reducing the underwater noise of commercial ships is an urgent task of ship acoustics. Sbornik trudov nauchnoy konferentsii "Sessiya nauchnogo soveta RAN po akustike i sessiya Rossiyskogo akusticheskogo obshchestva". [S. l.], GEOS, 2011, pp. 218—221. (In Russian).
5. Grushetsky I. V., Kalyu V. A., Shlemov Yu. F., Tarovik V. I. Underwater Noise Radiation, Mechanisms, and Control. Encyclopedia of Marine and Offshore Engineering, 2017. DOI: 10.1002/9781118476406.emoe038.
6. Рутенко А. Н., Борисов С. В., Ковзель Д. Г., Гриценко В. А. Радиогидроакустическая станция для мониторинга параметров антропогенных импульсных и шумовых сигналов на шельфе // Акуст. журн. — 2015. — Т. 61, № 4. — С. 500—511. Rutenko A. N., Borisov S. V., Kovzel' D. G., Gritsenko V. A. Hydroacoustic radio station for monitoring the parameters of anthropogenic impulse and noise signals on the shelf. Akust. zhurn., 2015, vol. 61, no. 4, pp. 500—511. (In Russian).
7. Arveson P., Vendittis D. J. Radiated noise characteristics of a modern cargo ship. The J. of the Acoustical Society of America, 2000, vol. 107, no. 1, pp. 118—129. DOI: 10.1121/1.428344.
8. McKenna M. F., Ross D., Wiggins S. M., Hildembrand J. A. Underwater radiated noise from modern commercial ships. The J. of Acoustical Society of America, 2012, vol. 131, no. 1, pp. 92—103. DOI: 10.1121/1.3664100.
9. Erbe Ch., Mcpherson C., Gavrillov A. N. Underwater noise from offshore oil production vessels. The J. of the Acoustical Society of America, 2013, vol. 133, no. 6, pp. 465—470. Available at: <https://doi.org/10.1121/1.4802183>.
10. Jones J. M. Underwater soundscape and radiates noise from ships in Eclipse Sound, NE Canadian. January 18, 2021. Available at: [https://thenarwhal.ca/wp-content/uploads/2021/02/JJONES\\_EclipseSound\\_Soundscape-and-ship-noise-compressed.pdf](https://thenarwhal.ca/wp-content/uploads/2021/02/JJONES_EclipseSound_Soundscape-and-ship-noise-compressed.pdf).
11. Review on Existing Data on Underwater Sounds Produced by the Oil and Gas Industry. E&P Sound & Marine Life Programme, 2020. Available at: [https://gisserver.intertek.com/JIP/DMS/ProjectReports/Cat1/JIP-Proj1.4.2\\_Review\\_on\\_Noise\\_from\\_Industrial\\_Sources.pdf](https://gisserver.intertek.com/JIP/DMS/ProjectReports/Cat1/JIP-Proj1.4.2_Review_on_Noise_from_Industrial_Sources.pdf).
12. Таровик В. И. Постановка задачи о техногенном подводном шуме как факторе государственной морской промышленной и транспортной политики // Труды Крылов. гос. науч. центра. — 2021. — Т. 3, № 397. — С. 115—126. — DOI: 10.24937/2542-2324-2021-3-397-115-126. Tarovik V. I. Formulation of the problem of man-made underwater noise as a factor in the state maritime industrial and transport policy. Trudy Krylov. gos. nauch. tsentra, 2021, vol. 3, no. 397, pp. 115—126. DOI: 10.24937/2542-2324-2021-3-397-115-126. (In Russian).
13. Underwater noise from the drillship Stena Forth in Disko West, Baffin Bay, Greenland. National Environment Research Institute, Technical report № 838, 2011. Available at: <http://www.dmu.dk/Pub/FR838.pdf>.
14. Kusku H., Yigit M., Ergun S., Yigit O. Acoustic Noise Pollution from Marine Industrial Activities: Exposure and Impact. Aquatic Research, 2018, 1 (4), pp. 148—161. DOI: 10.3153/AR18017.
15. Елисеев Д. О., Наумова Ю. В. Моделирование транзитных перевозок по Северному морскому пути в условиях климатических изменений // Проблемы прогнозирования. — 2021. — № 2 (185). — С. 63—74. — DOI: 10.47711/0868-6351-185-63-74. Eliseyev D. O., Naumova Yu. V. Modeling transit traffic along the Northern Sea Route in the context of climate change. Problemy prognozirovaniya, 2021, no. 2 (185), pp. 63—74. DOI: 10.47711/0868-6351-185-63-74. (In Russian).
16. Зыков М., Бэйли Л., Дево Т., Ракка Р. Трубопровод «Южный поток». Российский сектор. Анализ подводных звуковых сигналов. JASCO: Документ 00691, Версия 1.0 ПРОЕКТ. Технический отчет. 2014. — URL: [https://turkstream.info/r/069D85CE-3ED7-4029-8D59-08CD37EB69EC/sssttbv\\_ru\\_esia\\_a123\\_web\\_ru\\_ru\\_20140707.pdf](https://turkstream.info/r/069D85CE-3ED7-4029-8D59-08CD37EB69EC/sssttbv_ru_esia_a123_web_ru_ru_20140707.pdf).
17. Зыков М., Бэйли Л., Дево Т., Ракка Р. South Stream pipeline. Russian sector. Analysis of underwater sound signals. JASCO Document 00691 Version 1.0 DRAFT. Technical Report 2014. Available at: [https://turkstream.info/r/069D85CE-3ED7-4029-8D59-08CD37EB69EC/sssttbv\\_ru\\_esia\\_a123\\_web\\_ru\\_ru\\_20140707.pdf](https://turkstream.info/r/069D85CE-3ED7-4029-8D59-08CD37EB69EC/sssttbv_ru_esia_a123_web_ru_ru_20140707.pdf). (In Russian).
17. Проект «Сахалин-1». Месторождение Аркутун-Даги. Морская платформа «Беркут». Производство буровых работ / Эксон Нефтегаз Лимитед. — [Б. м.], 2021. — С. 8—48. — URL: [https://www.sakhalin-1.com/-/media/Sakhalin/Files/Environment-and-safety/Public-consultations-and-assessments/RUS/AD-Blanket-Proekt\\_PC-Materials\\_Full-EPS-st2.pdf](https://www.sakhalin-1.com/-/media/Sakhalin/Files/Environment-and-safety/Public-consultations-and-assessments/RUS/AD-Blanket-Proekt_PC-Materials_Full-EPS-st2.pdf).

- Exxon Neftegas Limited. Sakhalin-1 project, Arkutun-Dagi field, Berkut offshore platform. Drilling operations. 2021, pp. 8—48. Available at: [https://www.sakhalin-1.com/-/media/Sakhalin/Files/Environment-and-safety/Public-consultations-and-assessments/RUS/AD-Blanket-Proekt\\_PC-Materials\\_Full-EPS-st2.pdf](https://www.sakhalin-1.com/-/media/Sakhalin/Files/Environment-and-safety/Public-consultations-and-assessments/RUS/AD-Blanket-Proekt_PC-Materials_Full-EPS-st2.pdf). (In Russian).
18. Modelling of Underwater Sounds from Pile Driving, Rock Socket Drilling, and LNG Carrier Berthing and Transiting P001248-001, Doc. 01134, version 3. 21 oct. 2016. Aurora LNG Acoustic Study. JASCO Applied Sciences (Canada) Ltd. Available at: [https://projects.eao.gov.bc.ca/api/document/58923174b637cc02bea163f1/fetch/Appendix\\_P\\_Acoustic\\_Modelling\\_Final\\_screening.pdf](https://projects.eao.gov.bc.ca/api/document/58923174b637cc02bea163f1/fetch/Appendix_P_Acoustic_Modelling_Final_screening.pdf).
19. Leggat L. J., Merklinger H. M., Kennedy J. L. LNG Carrier Underwater Noise Study in Baffin Bay. The J. of the Acoustical Society of America, 1981, vol. 69, p. 20. DOI: 10.1121/1.386375.
20. Roth E. H., Smidt V. Underwater radiated noise levels of a research icebreaker in the central Arctic Ocean. The J. of the Acoustical Society of America, 2013, vol. 133, no. 4, pp. 1971—1980. DOI: 10.1121/1.4790356.
21. Assessment of natural and anthropogenic sound sources and acoustic propagation in the North Sea. TNO Defence, Security and Safety. TNO-DV, 2009, February, C085. Available at: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:de8b2c98-635f-4988-89bfd8d75202b3b3>.

---

### **Информация об авторах**

**Таровик Владимир Иванович**, кандидат технических наук, начальник лаборатории техногенного подводного шума, математического моделирования и гидроакустики океана, Крыловский государственный научный центр (196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44), e-mail: [v\\_tarovik@ksrc.ru](mailto:v_tarovik@ksrc.ru).

**Савченко Олег Владиславович**, кандидат технических наук, генеральный директор, Крыловский государственный научный центр (196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44), e-mail: [o\\_savchenko@ksrc.ru](mailto:o_savchenko@ksrc.ru).

**Кутаева Наталья Геннадиевна**, кандидат технических наук, советник руководителя, ФГБУ «Морская спасательная служба» (125993, Россия, Москва, ул. Петровка, д. 3/6, корп. 2), e-mail: [kutaevang@morspas.com](mailto:kutaevang@morspas.com).

### **Библиографическое описание данной статьи**

Таровик В. И., Савченко О. В., Кутаева Н. Г. Техногенный подводный шум как фактор экологической безопасности морской транспортной и промышленной деятельности в Арктике // Арктика экология и экономика. — 2022. — Т. 12, № 1. — С. 99—110. — DOI: 10.25283/2223-4594-2022-1-99-110.

## TECHNOGENIC UNDERWATER NOISE AS A FACTOR IN THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF MARITIME TRANSPORT AND INDUSTRIAL ACTIVITIES IN THE ARCTIC

Tarovik, V. I., Savchenko, O. V.

Krylov State Research Centre (St. Petersburg, Russian Federation)

Kutaeva, N. G.

FSBI "Marine Rescue Service" (Moscow, Russian Federation)

The article was received on July 16, 2021

### Abstract

Technogenic underwater noise is a type of anthropogenic pollution of the marine environment. Offshore oil and gas facilities, transport and icebreaking ships, as well as port infrastructure located in the waters of the Russian shelf and along the Northern Sea Route can be considered as its main sources. The authors conclude it necessary to formulate and implement a Comprehensive Target Program with the purpose of systemic research, regulation and standardization of the underwater noise parameters of various types of marine facilities.

**Keywords:** *Technogenic underwater noise, offshore drilling rigs, offshore production platforms, transport ships, icebreakers, port infrastructure facilities.*

The work was carried out in the process of preparing for the setting of the Comprehensive Target Program aimed at performing system studies of the technogenic underwater noise of offshore industrial facilities, navigation and port infrastructure in the waters of the Russian seas.

The authors express their gratitude to the specialists of the Ministry of Education and Science of Russia, the Ministry of Natural Resources of Russia, the Ministry of Transport of Russia, the State Atomic Energy Corporation Rosatom, the Ministry of Industry and Trade of Russia for their support and interest in the development of systemic studies of technogenic underwater noise as a significant environmental factor in the transport and industrial development of offshore oil and gas fields and marine transport routes.

---

### Information about the authors

**Tarovik, Vladimir Ivanovich**, PhD of Engineering Science, Head of the Laboratory of technogenic underwater noise, Mathematical Modeling and Ocean Hydroacoustics, Krylov State Research Centre (44, Moskovskoe shosse, St. Petersburg, Russia, 196158), e-mail: v\_tarovik@ksrc.ru.

**Savchenko, Oleg Vladislavovich**, PhD of Engineering Science, Director General, Krylov State Research Centre (44, Moskovskoe shosse, St. Petersburg, Russia, 196158), e-mail: o\_savchenko@ksrc.ru.

**Kutaeva, Natalya Gennadievna**, PhD of Engineering Science, Advisor to the Head, FSBI "Marine Rescue Service" (2, Bld., 3/6, Petrovka str., Moscow, Russia, 125993), e-mail: kutaevang@morspas.com.

### Bibliographic description of this article

**Tarovik, V. I., Savchenko, O. V., Kutaeva, N. G.** Technogenic underwater noise as a factor in the environmental safety of marine transport and industrial activities in the Arctic. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. [Arctic: Ecology and Economy], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 99—110. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-1-99-110. (In Russian).

© Tarovik V. I., Savchenko O. V., Kutaeva N. G., 2022