

ПОРТЫ, ПОРТОВОЕ ХОЗЯЙСТВО И ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА

PORTS, PORT INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT LOGISTICS

Научная статья
УДК 629.565
<https://doi.org/10.24143/2073-1574-2025-3-89-96>
EDN RNXNMW

Перспективный вариант одноточечного причального устройства для проведения грузовых операций с нефтью в условиях замерзающих морей

Сергей Юрьевич Моницец, Сергей Сергеевич Колбек[✉]

*Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского,
Владивосток, Россия, kolbek@msun.ru*[✉]

Аннотация. Рассматриваются варианты обустройства нефтеналивных терминалов. Особое внимание уделяется использованию одноточечных причалов, широко распространенных в мировой практике. Подавляющее число таких терминалов используют плавающие шланги, которые присоединяются своей хвостовой частью через фланцы к стандартным манифольдам, расположенным в центральной части корпуса танкера (конвенционная погрузка). В зимних условиях подобная схема грузовых операций подвержена серьезным рискам. Для ухода от нее в российских портах Арктики и Дальнего Востока применяются одноточечные причалы башенного типа с подвесным шлангом, который заводится на носовую загрузочную систему, не касаясь воды. После наложения запретов на использование танкерного флота с носовой загрузочной системой перед некоторыми операторами причальных систем встал вопрос о круглогодичном применении конвенционной погрузки танкеров с использованием плавающих шлангов. Приведены результаты анализа рисков, связанных с использованием плавающих шлангов в зимних условиях при наличии льда применительно к существующим одноточечным системам отгрузки нефти. Наиболее опасными признаны ситуации воздействия дрейфующего льда на плавающий шланг во время погрузки, а также относительное движение ледового массива с замороженным в него шлангом между грузовыми операциями, что является вполне вероятной ситуацией в условиях суровой зимы. В качестве основного принципа минимизации рисков в перспективных и действующих терминалах предлагается уйти от непосредственного контакта шланголинии с водной поверхностью и со льдом, изменив его остаточную плавучесть до околонейтральных значений.

Ключевые слова: конвенционная погрузка танкера, одноточечные причальные системы, риск ледового воздействия, плавающие шланги, подвесные шланги

Для цитирования: Моницец С. Ю., Колбек С. С. Перспективный вариант одноточечного причального устройства для проведения грузовых операций с нефтью в условиях замерзающих морей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2025. № 3. С. 89–96. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2025-3-89-96>. EDN RNXNMW.

Original article

A promising variant of a single-point mooring device for carrying out cargo operations with oil in freezing seas

Sergey Yu. Moninets, Sergey S. Kolbek[✉]

Admiral Nevelskoy Maritime State University,
Vladivostok, Russia, kolbek@msun.ru[✉]

Abstract. Options for the construction of oil loading terminals are being considered. Special attention is paid to the use of single-point berths, which are widely used in world practice. The vast majority of such terminals use floating hoses, which are connected by their tail through flanges to standard manifolds located in the central part of the tanker hull (conventional loading). In winter conditions, such a scheme of cargo operations is subject to serious risks. To avoid it, Russian ports in the Arctic and the Far East use single-point tower-type berths with an outboard shroud, which is mounted on the bow loading system without touching the water. After bans were imposed on the use of a tanker fleet with a bow loading system, some operators of mooring systems faced the question of year-round use of conventional tanker loading using floating hoses. The results of an analysis of the risks associated with the use of floating hoses in winter conditions in the presence of ice in relation to existing single-point oil shipment systems are presented. The most dangerous situations are considered to be the impact of drifting ice on a floating hose during loading, as well as the relative movement of an ice mass with a hose frozen in it between cargo operations, which is quite a likely situation in a harsh winter. As the main principle of minimizing risks in prospective and existing terminals, it is proposed to avoid direct contact of the hose line with the water surface and with ice, changing its residual buoyancy to near-neutral values.

Keywords: conventional tanker loading, single-point mooring systems, risk of ice exposure, floating hoses, suspended hoses

For citation: Moninets S. Yu., Kolbek S. S. A promising variant of a single-point mooring device for carrying out cargo operations with oil in freezing seas. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies*. 2025;3:89-96. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2025-3-89-96>. EDN RNXNMW.

Введение

Развитие нефтяных проектов на шельфе Российской Федерации в большинстве районов сталкивается с рисками разрушающего ледового воздействия на гидротехнические сооружения (ГТС). Появляются первые подводные добычные комплексы (Южно-Кириновское газовое и газоконденсатное месторождение на шельфе острова Сахалин), которые в полной мере защищены от негативных факторов внешней среды замерзающих морей. Вместе с тем остаются вопросы безопасной организации перегрузочных комплексов (терминалов), где речь идет о взаимодействии с надводными элементами транспортной системы – танкерным флотом.

Варианты нефтяных перегрузочных терминалов

В незамерзающих морях ГТС создаются в соответствии с планируемым объемом перевалки грузов, размерами танкеров, гидрологическими, навигационными условиями и др. В таких условиях можно встретить разнообразные конструкции причальных сооружений [1]:

- эстакадные причалы;
- причалы типа набережной (стенка, эстакада);

- пирсы разной конструкции (рис. 1);
- рейдовые перегрузочные комплексы;
- одноточечные причалы.

Авторами был проведен анализ существующих 180-и терминалов по перегрузке нефти или нефтепродуктов [2] и рассмотрены перспективы их применения в условиях замерзающих морей.

В результате анализа сделаны следующие выводы:

1. Нефтяные терминалы на основе причальных сооружений (пирсы и набережные) в условиях, где может формироваться ледовый покров, встречаются только вблизи крупных инфраструктурных узлов: порты Козьмино, Приморск, Ванино, Находка, Владивосток, Санкт-Петербург и др.

2. Имеется опыт эксплуатации стационарных причалов при наличии сложных ледовых условий: порты Сабетта, Приморск, Козьмино, Эльга, Владивосток и др. Однако сочетание тяжелой ледовой обстановки с ограничением глубин (например, Сабетта, Эльга) сильно усложняет процесс швартовки.

3. В местах, где имеются ограничения по строительству крупных терминалов по перегрузке нефти, или в труднодоступных районах предпочтение отдается одноточечным причалам (Single Point Mooring – SPM). Это обусловлено сочетанием относительно невысокой стоимости строительства таких

ГТС и возможностью доставки к SPM нефти или нефтепродуктов по подводному трубопроводу.

В рамках статьи предметом исследований яв-

ляются SPM и решение проблемы их безопасной эксплуатации в ледовых условиях шельфа России, в том числе и арктического.



Рис. 1. Пирс с технологической эстакадой (порт Козьмино)

Fig. 1. Pier with technological overpass (Kozmino port)

В целом анализ мировой практики строительства и эксплуатации SPM для проведения грузовых операций с нефтью и нефтепродуктами свидетельствует о том, что выбор типа ГТС, в первую очередь, основывается на следующих технологических показателях планируемого терминала:

- количество и объем перегружаемых нефтепродуктов;
- разновидности обрабатываемых грузов;
- характеристики обрабатываемых танкеров;
- геологические, гидрологические и метеорологические условия места строительства [3].

В мире существует более 1 660 сооружений для перегрузки жидких грузов на морские суда и приема таких грузов с танкеров [4]. В подавляющем большинстве портов, производящих перегрузку нефтепродуктов, используются пирсы с технологической эстакадой, соединенной с берегом, по которой проложены трубопроводы [5].

В качестве альтернативного варианта наливного терминала весьма успешно используются одноточечные швартовные системы SPM, среди которых наиболее распространенной является многоякорная система швартовки (Catenary Anchor Leg Mooring – CALM). Такого рода ГТС является относительно недорогим, позволяющим работать с танкерами практически любых размеров (рис. 2).

Наиболее широкое распространение SPM в виде причального бую и подводного продуктопровода

получило в портах Персидского залива. Всего удалось насчитать около 40 таких нефтяных терминалов [6]. Нефть на танкер подается с помощью плавающего шланга, идущего от SPM, изготовленного в соответствии с отраслевыми стандартами [7–9]. Характеристики шланга зависят от масштабов перевалки груза [8]. Существенной особенностью грузовых операций на SPM является необходимость удерживать носовой бридель в натяжении во избежание опасного сближения танкера с SPM. Для этого привлекается вспомогательное судно или используется силовая установка танкера.

Серьезные сложности представляет и тот факт, что танкер с присоединенным к нему шлангом и буксиром будет вращаться вокруг SPM под действием ветра и течений [5], что делает необходимым создание зоны отчуждения вокруг SPM.

Из 185 нефтяных терминалов только в порту Новороссийск (Россия) и порту Циньхуандао (Китай) используются SPM типа CALM с конвенционной шланголинией. Однако эти порты можно отнести к категории портов с «условной» ледовой опасностью. В районе SPM лед не наблюдался в течение многих десятков лет. В Новороссийске в районе нахождения SPM возможно небольшое обледенение конструкций шланга в зимнее время, но это не несет серьезных угроз целостности шланголинии и ее плавучести [10].

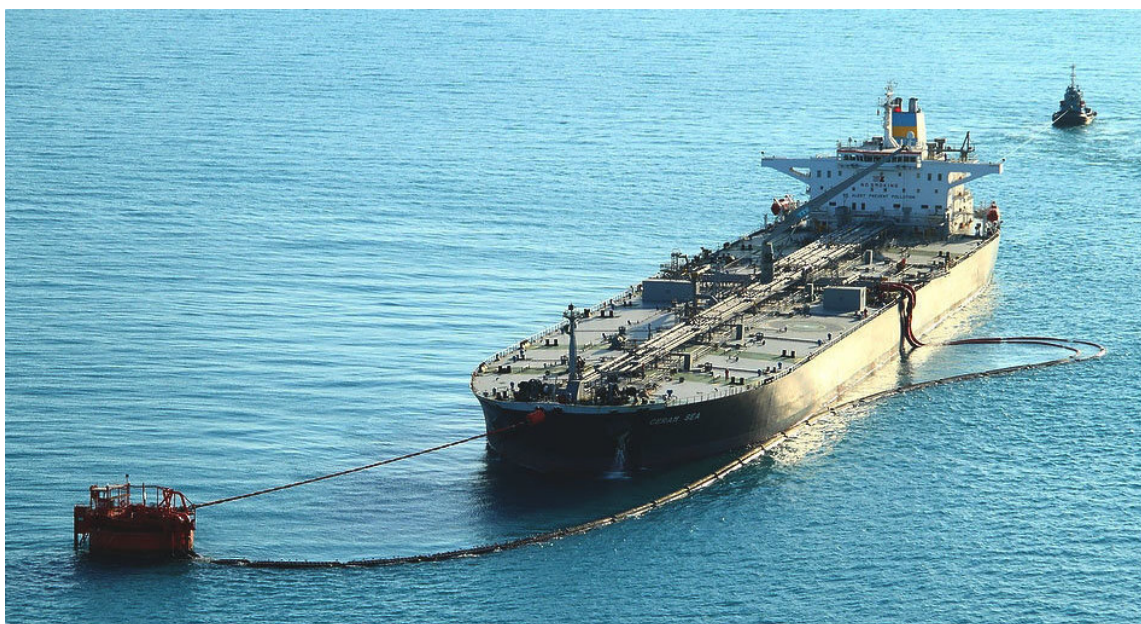


Рис. 2. Погрузка танкера у SPM типа CALM компании «Каспийский трубопроводный консорциум»

Fig. 2. Loading of a tanker at the CALM-type SPM of the Caspian Pipeline Consortium company

Единственным вариантом SPM для работы на шельфе России в условиях замерзающих морей является вариант башенного типа (рис. 3), который появился в качестве альтернативы системе CALM для использования в сложных ледовых условиях,

когда для доставки груза на танкер применяется не плавающая, а подвесная шланголиния – альтернативный вариант (порты Де-Кастри, Пригородное, «Ворота Арктики», «Варандей»).



Рис. 3. Погрузка специализированного танкера у SPM башенного типа «Варандей»

Fig. 3. Loading of a specialized tanker at SPM tower type Varandey

При этом предъявляются особые требования к оборудованию танкеров носовой загрузочной системой (НЗС). Такие танкеры могут производить грузовые операции как стандартным (конвенционным) методом через манифольды, так и через НЗС. Использование подвесных шлангов позволяет уйти от основных рисков, связанных с воздействием

ледовых полей на объекты, находящиеся на поверхности воды. Обеспечивается безопасная швартовка, стоянка и проведение грузовых операций со специализированными танкерами дедвейтом до 150 тыс. т. Отмечается устойчивое применение таких систем в ледовых условиях при толщине консолидированного льда до 2,0 м [11].

Риски, связанные с эксплуатацией нефтеналивных одноточечных терминалов в ледовых условиях

Работа со специализированными танкерами, оборудованными НЗС, накладывает ряд ограничений на нефтяные компании, поскольку количество таких танкеров (которые, помимо всего прочего, должны иметь специальный ледовый класс) невелико, что сужает выбор перевозчиков и создает уязвимости для санкционных действий недружественных государств.

На некоторых SPM предусмотрен традиционный вариант погрузки танкеров с использованием плавающего на поверхности воды шланга через манифольды стандартного танкера (см. рис. 3). В этом случае плавающая шланголиния крепится к поворотной платформе, а основная ее часть находится в свободном плавании вблизи SPM. С точки зрения авторов настоящей статьи, такой вариант имеет неплохие перспективы использования в районах с продолжительным безледовым периодом, однако на шельфе Арктики это вряд ли будет целесообразным с учетом весьма затратных процедур по установке плавающей шланголинии, организации ее хранения и содержания в условиях низких температур.

Проблемы, связанные с использованием плавающих шлангов, позволяющих производить погрузку танкеров «конвенционным» способом, в условиях замерзающих морей можно связать с неприемлемыми рисками от воздействия дрейфующих или формирующихся вблизи SPM стационарных ледовых полей, особенно если грузовые операции осуществляются с перерывами в несколько дней. Такого рода риски возникают при подвижках льда в процессе проведения грузовых операций или при высвобождении плавающего шланга из ледового поля, когда он вмораживает в него.

При проектировании перспективных терминалов, способных выполнять круглогодичную загрузку танкеров в конвенционном режиме, следует найти защиту от опасных ситуаций (ОС), которые могут возникнуть в процессе его эксплуатации [12]:

- ОС-1 – повреждение узлов и элементов шланга дрейфующими полями льда в период погрузки;
- ОС-2 – нарушение функциональности элементов шланга в результате брызгового и/или атмосферного обледенения;
- ОС-3 – повреждение каркаса шланга (излома) в результате потери эластичности из-за переохлаждения его тела;
- ОС-4 – повреждение каркаса шланга (излом) в результате разнонаправленных нагрузок при относительном движении SPM и ледового покрова с замороженным шлангом;
- ОС-5 – повреждения обшивки шланга при ма-

невировании вспомогательного судна из-за неопределенного его положения в массиве льда.

Для этих целей рассмотрим принципиально иной вариант, отличающийся и от системы CALM, и от морской подводной платформы башенного типа, который позволит производить круглогодичную погрузку танкеров конвенционным способом на замерзающих акваториях.

Сформулируем комплекс задач, которые должны быть решены при реализации такого проекта:

1. Защитить/увести грузовой шланг от механического контакта с ледовыми полями.
2. Защитить грузовой шланг от воздействия экстремально низкой температуры воздуха.
3. Сохранить простоту и надежность швартовки танкера к SPM при условии защиты шланга от механического контакта с вспомогательным судном.
4. Обеспечить безопасность обнаружения и доставки хвостовой части шланголинии на танкер (даже в условиях сплошного ледового поля).

Для лучшего понимания сути предлагаемых идей следует остановиться на существующих шлангах, используемых при грузовых операциях танкеров [13]. Все они выполняются в соответствии с международными стандартами The Oil Companies International Marine Forum (OCIMF). Их плавающие варианты характеризуются достаточно большим запасом плавучести. Авторы считают, что именно этот параметр делает плавающие шланги уязвимыми к приведенным выше опасностям, в том числе и по причине потери ими эластичности от чрезмерного охлаждения при низкой температуре воздуха.

Требования к плавучести оговорены в стандарте GMPНОМ 2009 [7]. Она должна составлять не менее 20 % от общей массы шланга, заполненного водой:

$$\frac{D_H - (W_H + W_W)}{W_H + W_W} \cdot 100 = \% \text{ reserve buoyancy,}$$

где D_H – вес морской воды, вытесняемой шлангом при полном погружении, включая морскую воду, вытесняемую встроенными поплавками, и с учетом морской воды внутри шланга; W_H – вес пустого шланга в воздухе и вес любого оборудования, которое должно быть прикреплено к шлангу в процессе эксплуатации; W_W – масса морской воды, содержащейся в шланге.

Варианты снижения рисков при использовании плавающего шланга в ледовых условиях

Расчеты и экспериментальные исследования подтверждают, что уход от чрезмерной (20-процентной) к околонеutralной положительной плавучести в значительной степени снижает риски ОС-1,

ОС-2, ОС-3, ОС-4.

Под околонеutralной положительной плавучестью понимается такая конструкция шланга, при которой положительная плавучесть Q сохраняется в условиях максимальной возможной плотности продукта внутри шланга (может колебаться при изменении температуры продукта) [14] и минимальной плотности поддерживающей среды (морской воды в условиях временного распреснения).

Для формирования простейшего варианта модели шланговой линии, вытянутой вдоль горизонтальной оси x , в качестве функции рассматривается вертикальное смещение ее точек $u = u(x)$ под действием сил тяжести или плавучести. Потенциальная энергия линии складывается из потенциальной энергии изгибных деформаций.

Форма шланголинии $u(x)$ представляется непрерывной гладкой функцией – кубическим сплайном, параметры которого рассчитываются по координа-

там узлов (x_i, u_i) стандартной программой сплайновой интерполяции. Используемая здесь конкретная программа сплайновой интерполяции дает в узлах вторые производные, значения которых используются в расчетах потенциальной энергии изгиба. Таким образом, в вариационной постановке задача определения изгиба шланголинии сводится к определению таких значений u_i , при которых разность потенциальной энергии Π и работы, производимая силой, определяемой плавучестью, достигает минимального значения. Возникающая задача минимизации функции сравнительно небольшого числа аргументов u_i решается методами покоординатного спуска.

В результате решения задачи можно определить форму шланголинии, подобрав параметры плавучести шлангов и изгибной жесткости, которая показана на рис. 4.

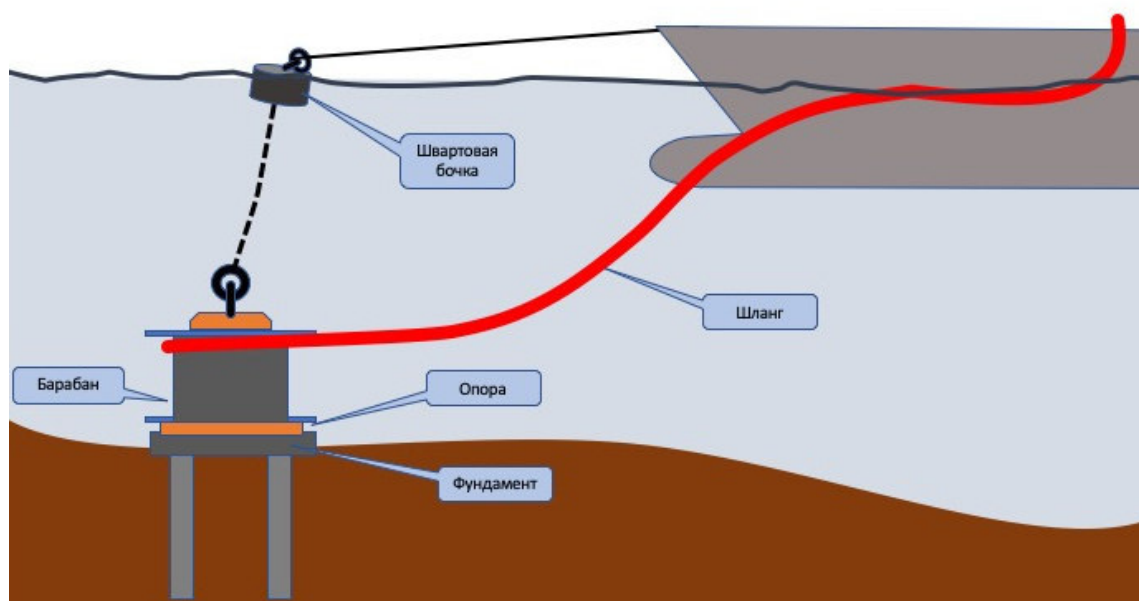


Рис. 4. Предлагаемый вариант одноточечного терминала по отгрузке нефти

Fig. 4. The proposed version of a single-point terminal for oil shipment

Между грузовыми операциями шланг наматывается на катушку, похожую на стандартный вариант, только на вертикальной оси. В верхней части неподвижной вертикальной оси-опоре закреплена цепь, к которой крепится плавающая швартовая бочка для танкеров. Кроме вертлюжного швартового рыма, на бочке крепится и проводник, идущий к хвостовой части шланга. В условиях установившегося ледового припая вокруг бочки создается незамерзающая полынья за счет подъема из придонных слоев воды с повышенной температурой

к поверхности (такие способы достаточно хорошо отработаны и применяются на практике).

При подходе под погрузку танкера носовой бريدель заводится на швартовую бочку, и с помощью проводника вспомогательное судно подводит хвостовую часть шланга к манифольдам в стандартном режиме.

При проведении грузовых операций шланг полностью погружен под воду за исключением хвостовой части, поднимаемой на палубу танкера.

По завершении грузовых операций шланг нама-

тывается на барабан, а его проводник крепится на швартовой бочке. Малая остаточная плавучесть при наматывании шланга не будет препятствовать его равномерной укладке на барабане.

Такой терминал может быть установлен на глубинах, достаточных для погрузки самых крупных танкеров, запитываться продуктом может как от береговых, так и подводных нефтехранилищ. Подобные терминалы могут специализироваться и на обеспечении завоза нефтепродуктов в прибрежные населенные пункты Арктики.

Разумеется, предстоит решить (и уже решаются) задачи управления, обеспечения надежности и безопасности такого рода терминалов, проведения профилактических мероприятий для агрегатов и др.

Заключение

Приведенные выше аргументы наглядно демонстрируют, что вариант снижения негативных последствий в результате ледового воздействия на шланг при конвенционной погрузке танкера следует искать в отклонении шланга от этого воздействия путем его погружения под лед в случае возникновения их движения относительно друг друга. Результаты расчетов и экспериментальных исследований, которые будут представлены в последующих публикациях, свидетельствуют о том, что достижение этого результата невозможно при той остаточной плавучести, которая традиционно, в соответствии с отраслевыми стандартами [7], обеспечивается конструкцией применяемых в настоящее время шлангов.

Список источников

1. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2012. 211 с.
2. Зацепина П. П., Монинет С. Ю., Колбек С. С. Ледовый полигон для разработки новых и совершенствования существующих технологий ЛРН в условиях, максимально приближенных к реальным // Проектирование и разработка нефтегаз. месторожд. 2024. № 2. С. 15–21.
3. Выбор типа гидротехнических сооружений при строительстве нефтяных терминалов / Мор. стр-во и технологии. URL: <https://www.neftemagnat.ru/enc/60> (дата обращения: 08.08.2024).
4. Морские порты. URL: <https://hub.arcgis.com/datasets/5d23119404954283bccb79c318659005/explore?location=0.039533%2C1.000000%2C1.83&showTable=true> (дата обращения: 11.08.2024).
5. Нефтеналивные терминалы. URL: <https://morproekt.ru/attachments/article/75/9-12%D0%BF.pdf> (дата обращения: 08.11.2024).
6. КТК: по международным стандартам / Все новости Новороссии. URL: <https://novorab.ru/2020/04/28/ktk-pomezhdunarodnym-standartam/> (дата обращения: 08.08.2024).
7. Guide to Manufacturing and Purchasing Hoses for

- Offshore Moorings (GMPHOM). Witherby Seamanship International 4 Dunlop Square Livingstone, Edinburgh, EH54 8SB, Scotland, UK, 2009. URL: www.witherbyseamanship.com (дата обращения: 09.12.2024).
8. Dunlop Oil & Marine. Offshore Product Catalogue. URL: <https://www.offshore-technology.com/contractors/cables/dunlop/> (дата обращения: 10.01.2025).
9. Flexomarine. URL: <https://www.flexomarine.com> (дата обращения: 10.01.2025).
10. Морской порт Новороссийск / Администрация Новороссийска. URL: <https://bsamp.ru/info-citynovorosysk/> (дата обращения: 08.08.2024).
11. Морская лоция № 1402. СПб.: Изд-во ГУНиО МО, 2010. 435 с.
12. Анализ создания нефтегазовых платформ. URL: https://narfu.ru/upload/medialibrary/b9a/analiz_persp_y-mngs-ao_06_noya_2014_arkh_ais.pdf?ysclid=m3fauva6pr844059116 (дата обращения: 13.11.2024).
13. В любую точку берега. URL: https://www.korabel.ru/news/comments/v_lyubuyu_tochku_berega.htm (дата обращения: 09.12.2024).
14. ГОСТ 8.602-2010. Плотность нефти (таблицы перерасчета). М.: Стандартинформ, 2012. 15 с.

References

1. *GOST R 54523-2011. Portovye gidrotekhnicheskie sooruzheniya. Pravila obsledovaniia i monitoringa tekhnicheskogo sostoiianiia* [ISS R 54523-2011. Port hydraulic structures. Rules of inspection and monitoring of technical condition]. Moscow, Standartinform Publ., 2012. 211 p.
2. Zatssepina P. P., Moninets S. Yu., Kolbek S. S. Ledovyi poligon dlia razrabotki novykh i sovershenstvovaniia sushchestvuiushchikh tekhnologii LRN v usloviakh, maksimal'no priblizhenykh k real'nym [An ice training ground for the development of new and improvement of existing space exploration technologies in conditions as close as possible to real ones]. *Proektirovanie i razrabotka neftegazovykh mestorozhdenii*, 2024, no. 2, pp. 15–21.
3. Vybor tipa gidrotekhnicheskikh sooruzhenii pri stroitel'stve neftiannykh terminalov [Choosing the type of hydraulic structures during the construction of oil termi-

- nals]. *Morskoe stroitel'stvo i tekhnologii*. Available at: <https://www.neftemagnat.ru/enc/60> (accessed: 08.08.2024).
4. *Morskie porty* [Seaports]. Available at: <https://hub.arcgis.com/datasets/5d23119404954283bccb79c318659005/explore?location=0.039533%2C1.000000%2C1.83&showTable=true> (accessed: 11.08.2024).
5. *Neftenalivnye terminaly* [Oil loading terminals]. Available at: <https://morproekt.ru/attachments/article/75/9-12%D0%BF.pdf> (accessed: 08.11.2024).
6. КТК: по mezhdunarodnym standartam [CPC: according to international standards]. *Vse novosti Novorossiiiska*. Available at: <https://novorab.ru/2020/04/28/ktk-pomezhdunarodnym-standartam/> (accessed: 08.08.2024).
7. *Guide to Manufacturing and Purchasing Hoses for Offshore Moorings (GMPHOM)*. Witherby Seamanship International 4 Dunlop Square Livingstone, Edinburgh,

EH54 8SB, Scotland, UK, 2009. Available at: www.witherbyseamanship.com (accessed: 09.12.2024).

8. *Dunlop Oil & Marine. Offshore Product Catalogue.* Available at: <https://www.offshore-technology.com/contractors/cables/dunlop/> (accessed: 10.01.2025).

9. *Flexomarine.* Available at: <https://www.flexomarine.com> (accessed: 10.01.2025).

10. *Morskoi port Novorossiisk* [Novorossiysk Seaport]. Administratsiia Novorossiiska. Available at: <https://bsamp.ru/info-citynovorossiysk/> (accessed: 08.08.2024).

11. *Morskaia lotsiia № 1402* [Sea navigation No. 1402]. Saint Petersburg, Izd-vo GUNiO MO, 2010. 435 p.

12. *Analiz sozdaniia neftegazovykh platform* [Analysis of the creation of oil and gas platforms]. Available at: https://narfu.ru/upload/medialibrary/b9a/analiz_persp_y-mngs-ao_06_noya_2014_arkh_ais.pdf?ysclid=m3fauva6pr844059116 (accessed: 13.11.2024).

13. *V liubuiu tochku berega* [To any point of the coast]. Available at: https://www.korabel.ru/news/comments/v_lyubuu_tochku_berega.htm (accessed: 09.12.2024).

14. *GOST 8.602-2010. Plotnost' nefi (tablitsy pererashcheta)* [ISS 8.602-2010. Oil density (conversion tables)]. Moscow, Standartinform Publ., 2012. 15 p.

Статья поступила в редакцию 21.04.2025; одобрена после рецензирования 10.06.2025; принята к публикации 11.08.2025
The article was submitted 21.04.2025; approved after reviewing 10.06.2025; accepted for publication 11.08.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Сергей Юрьевич Монинец – кандидат технических наук; заведующий научной лабораторией мониторинга и обеспечения экологической безопасности Арктики и Северного морского пути; Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского; moninets@msun.ru

Sergey Yu. Moninets – Candidate of Technical Sciences; Head of the Scientific Laboratory for Monitoring and Ensuring Environmental Safety of the Arctic and the Northern Sea Route; Admiral Nevelskoy Maritime State University; moninets@msun.ru

Сергей Сергеевич Колбек – начальник Дальневосточного центра организации учебных практик; Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского; kolbek@msun.ru

Sergey S. Kolbek – Head of the Far Eastern Center for the Organization of Educational Practices; Admiral Nevelskoy Maritime State University; kolbek@msun.ru

