

УДК 627.24+629.565

EDN: MDIQDJ

Д.К. Таранов, А.Т. Беккер

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОРТОВОГО ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Объект и цель научной работы. В исследовании рассматриваются возможные варианты технологических комплексов для строительства портовой инфраструктуры в условиях арктической зоны России с целью разработки современных технологий в указанной сфере.

Материалы и методы. Приведена краткая справка о портах Восточной Арктики. Анализируются известные и реализованные комплексные решения плавучих баз, предназначенных для различных целей. Предложены собственные варианты комплексных плавучих строительных баз для арктических условий.

Основные результаты. Предложены варианты использования и конструктивных решений плавучих строительных баз для пионерного освоения новых территорий.

Заключение. Разработка новых конструкций и технологий, основанных на новых технических достижениях, в т.ч. с применением комплексных решений, позволит качественно изменить подходы к методам и технологиям освоения и развития арктического региона и Северного морского пути (СМП) в целом, а также реализовать стратегические задачи развития Арктики и Арктической зоны.

Ключевые слова: Арктика, порты, гидротехническое строительство, Северный морской путь.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

УДК 627.24+629.565

EDN: MDIQDJ

D.K. Taranov, A.T. Bekker

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

OUTLOOK FOR HARBOR ENGINEERING IN ARTIC ENVIRONMENT

Object and purpose of research. The paper considers options of modern production facilities for construction of port infrastructure in the Arctic zone to promote development of up-to-date technologies for manufacturing harbor structures in the Arctic.

Materials and methods. A brief review of the Eastern Arctic ports is given. The known and implemented solutions of integrated floating construction bases intended for various purposes are analyzed.

Main results. The paper suggests ingenious options for the applications and structural solutions of floating construction bases to pioneer the development of new territories

Conclusion. Development of new structures and technologies based on modern solutions including integrated approaches will transform the methods and processes in mastering the Arctic region and Northern Sea Route and contribute to the strategic tasks in the Arctic areas.

Keywords: Arctic, ports, hydraulic engineering, Northern Sea Route.

The authors declare no conflicts of interest.

Для цитирования: Таранов Д.К., Беккер А.Т. Перспективы портового гидротехнического строительства в условиях арктики. Труды Крыловского государственного научного центра. 2024; Специальный выпуск 1: 147–154.

For citations: Taranov D.K., Bekker A.T. Outlook for harbor engineering in artic environment. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2024; Special Issue 1: 147–154 (in Russian).

Введение

Развитие морского транспорта оказывает существенное воздействие на экономический рост отдельных регионов и государств в целом. Начиная с первых пятилеток, а именно с 1930-х гг., в СССР создавался новый транспортный флот, восстанавливались и реконструировались существующие порты.

Порты Восточной Арктики строили, в частности, и для решения военно-стратегических целей, что требовало решения сложных логистических и технологических задач проектирования, строительства и эксплуатации портовой инфраструктуры. Отдельные порты и рабочие поселки создавались медленно, в течение десятков лет. Подобный подход становится все менее пригодным в рамках качественного развития экономики арктической зоны и не соответствует поставленной задаче значительного роста грузооборота.

Сегодня морской транспорт обеспечивает около 60 % внешнеторговых экономических связей России, играет значительную роль в реализации транзитного потенциала страны, незаменим в транспортном обеспечении труднодоступных районов и завозе грузов в районы Крайнего Севера.

В условиях современной технологической революции, развития техники и технологий традиционные методы освоения арктических территорий становятся неактуальными, появляется потребность в разработке и применении новых технологий, основанных на последних достижениях науки и практике морского гидротехнического строительства, а также пересмотре применяемых технологий.

Освоение Восточной Арктики

Освоение и строительство портовой инфраструктуры Восточной Арктики изначально было направлено на решение военно-стратегических задач. В 1930-х гг. первыми в эксплуатацию были введены порты

Тикси, Беринговский, Провидения и ряд портопунктов [1–5]. При освоении порта Тикси стройматериалы, главным образом лес-плавник, доставлялись плотами, производилось строительство причалов ряжевой конструкции.

В дальнейшем стратегия развития портов изменилась: ориентирами стали освоение природных богатств Севера, развитие СМП, обеспечение северного морского завоза. В 1960-х гг. в порту Певек впервые в Арктике построено 4 причальных сооружения из стального шпунта типа больверк с бетонным покрытием территории. Длина причального фронта достигала 499 м, на нем работали 14 портовых кранов [3–4].

Таким образом, опорную береговую инфраструктуру Восточной Арктики составляло 6 портов. Однако в феврале 2022 г. распоряжением Правительства РФ в границы морского порта Анадырь включили территории морских терминалов Беринговский, Провидения и Эгвекинот [9]. Сегодня к Восточной Арктике относится 3 морских порта: Тикси, Певек и Анадырь. В таблице представлены основные характеристики портов этого региона согласно локальным реестрам Росморречфлота [6–8].

Продолжительность строительства порта/портопункта вместе с рабочим поселком составляла в среднем от 25 до 40 лет. Вследствие длительных сроков строительства освоение Восточной Арктики, в контексте строительства портов, сопровождалось значительными экономическими затратами. Суровые климатические условия, короткий навигационный период, полное отсутствие транспортной инфраструктуры, сложные грунтовые условия (вечная мерзлота) и нехватка рабочей силы значительно влияли на продолжительность строительства.

В основном возводились причальные сооружения ряжевых конструкций из древесины твердых пород. Материал обладал необходимой прочностью, сравнительно малым весом и достаточной долговечностью в арктическом климате. Однако необходи-

Общая информация о портах Восточной Арктики

№	Порты	Море	Площадь территории, га	Площадь акватории, кв. км	Количество причалов, ед.	Длина причального фронта, п.м.	Осадка обрабатываемых судов, м	Пропускная способность, тыс. т в год
1	Анадырь	Берингово	2,68	111,17	16	1876,44	8,6	3079,8
2	Певек	Восточно-Сибирское	135,66	8,9	3	500	8,6	330
3	Тикси	Лаптевых	13,55	96,78	2	315	3,9	67

мость увеличения глубин у причалов и в акваториях, а также трудности с заготовкой стволов древесины необходимых размеров обусловили применение стальных конструкций (например, шпунта). В настоящее время состояние портовых гидротехнических сооружений Восточной Арктики критическое, все порты нуждаются в комплексной модернизации (износ оборудования составляет до 90 %) [10].

Как видно из табл. 1, глубины в порту уже не соответствуют осадкам современных судов и, соответственно, требуемым грузооборотам. Необходимо строить причальные сооружения новых конструкций, которые смогут обеспечить швартовку судов.

Современное состояние

Рассматривать конструкции портовых гидротехнических сооружений необходимо с учетом технологий их возведения. История развития портостроения в Арктике свидетельствует о том, что наиболее затратным процессом является снабжение строительства материалами и оборудованием. Малый период навигации и суровые климатические условия ограничивают период снабжения несколькими месяцами, а в некоторых случаях – годами. Основные машины и средства механизации разработаны для строительства в более мягких климатических условиях, и часто для применения их в Арктике требуются значительные доработки.

В последние годы произошли качественные изменения в области логистики, строительного материаловедения, конструкций и технологий строительства, наблюдается применение комплексных баз разного назначения. Большое значение имеет и потепление климата. Подобные изменения знаменуют революцию в освоении Арктики.

Движение судов по СМП практически круглогодично, караваны судов с ледокольным сопровождением позволяют доставлять материалы и оборудование с меньшими трудозатратами. К 2020 г. ледокольный флот России уже насчитывал 7 судов ледокольного класса, а целевой показатель к 2035 г. предполагает увеличение их количества до 22 [11].

Разрабатываются геосинтетики для усиления вечной мерзлоты, составы для увеличения прочностных характеристик бетона, защиты от коррозии, различные ремонтно-восстановительные составы, рассматривается армирование композитными материалами, качественно изменились применяемые составы стали.

Все чаще при проектировании предпочтение отдается крупноблочному строительству, что вызвано логистическими особенностями региона. Увеличива-

ется спрос на применение оболочечных конструкций, в т.ч. стальных (диаметром 8 м и более) и масивов гигантов разнообразной конфигурации. Развитие технологий позволяет возводить свайные опоры в скальных грунтах, транспортировать крупные элементы конструкций на значительные расстояния, обеспечивать стоянку внушительных танкеров-накопителей в акватории северных морей.

Растет спрос на комплексные решения, которые применяются для разных целей в морской гидротехнике. Рассмотрим примеры реализованных и разрабатываемых решений (рис. 1).

Плавучие бетонные заводы (рис. 1а) производятся в России, Японии, Турции и др. странах. В общем виде они представляют собой железобетонную или металлическую баржу (понтон) с размещенным на ней оборудованием для производства бетонных смесей. Габариты варьируются от 60 до 100 м в длину и от 15 до 25 м в ширину, дедвейт – 2500–4000 т [12–14].

Группой авторов предложен вариант плавучего завода железобетонных изделий (рис. 1б), выполненный в виде металлических понтонов с различным функционалом. Комплекс понтонов включает в себя производственный блок, блок хранения сырья и блок хранения готовой продукции. Также в состав завода входят парогенераторные, арматурные цеха и каюты. Габариты производственного цеха 100×14 м [15].

Судно *Pioneering Spirit* (рис. 1в) построено в 2014 г. в Южной Корее, предназначено для установки и демонтажа крупных морских нефтегазовых платформ, а также прокладки нефтегазопроводов. Габариты – около 382 м в длину и 124 м в ширину, рабочая осадка от 10 до 27 м, максимальное водоизмещение 1,0 млн т. Судно выполнено с двойной носовой частью, образованная прорезь между носовыми секциями предназначена для транспортировки крупноблочных элементов гидротехнических сооружений. Помимо движителей, специализированного оборудования, в т.ч. для подъема и транспортировки элементов весом от 25 до 45 тыс. т, на борту размещены каюты на 571 чел. По заявочным характеристикам судно пригодно к работам в северных морях [16].

Полупогружной плавучий кран *SSCV Thialf* (рис. 1г) построен в 1985 г. в Японии. Судно имеет грузоподъемность 14 200 т (по 7100 т на крановую установку). Корпус состоит из двух понтонов с четырьмя колоннами на каждом; транзитная осадка 12 м, рабочая – 26,6 м. Габариты – около 202 м в длину и 85 м в ширину. На борту также размещены каюты на 736 чел. [17].

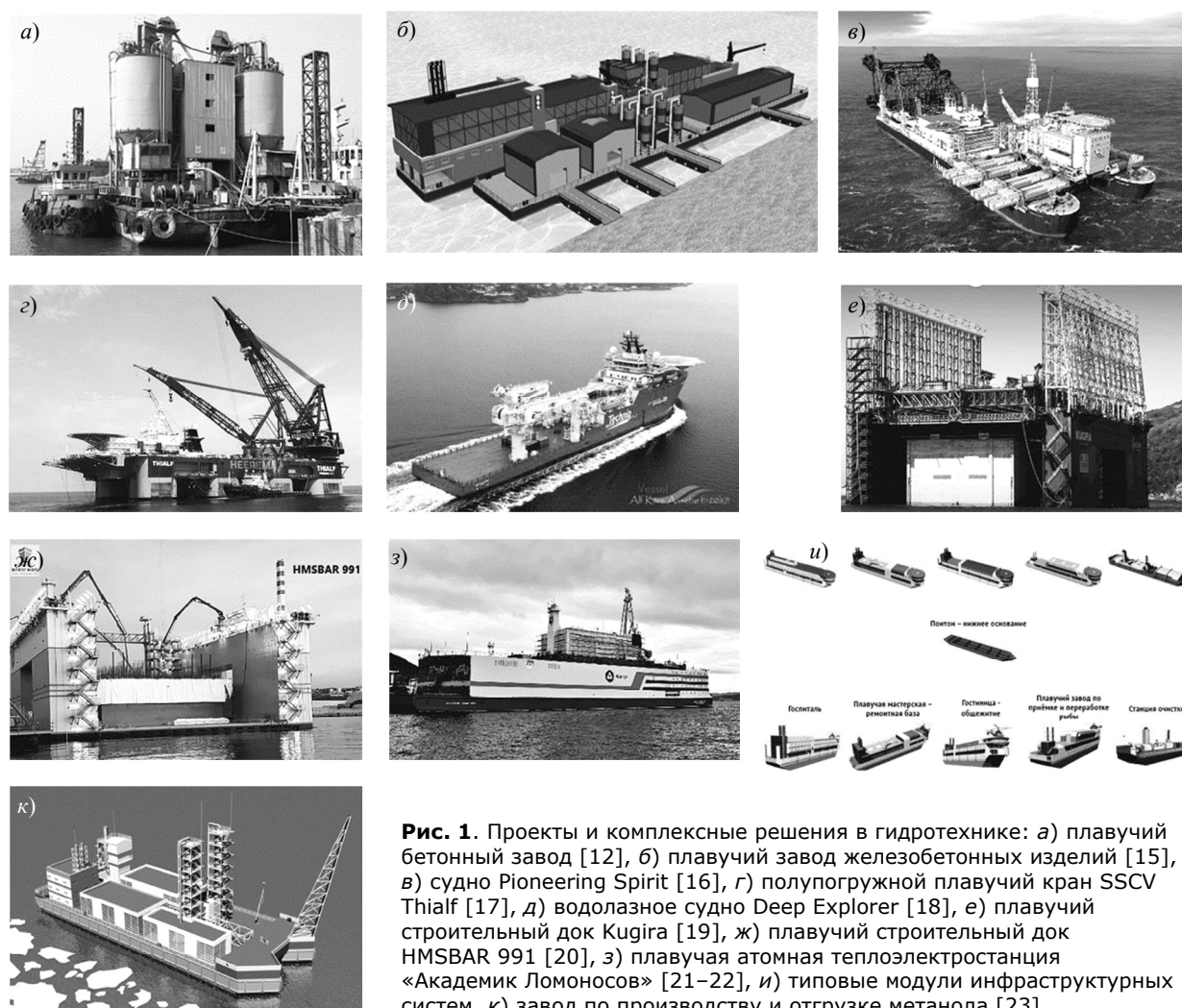


Рис. 1. Проекты и комплексные решения в гидротехнике: а) плавучий бетонный завод [12], б) плавучий завод железобетонных изделий [15], в) судно Pioneer Spirit [16], г) полупогружной плавучий кран SSCV Thialf [17], д) водолазное судно Deep Explorer [18], е) плавучий строительный док Kugira [19], ж) плавучий строительный док HMSBAR 991 [20], з) плавучая атомная теплоэлектростанция «Академик Ломоносов» [21–22], и) типовые модули инфраструктурных систем, к) завод по производству и отгрузке метанола [23]

Водолазное судно Deep Explorer (рис. 1д) строилось в 2016 г. в Румынии и Норвегии. Судно оборудовано комплексом для погружения водолазов (пара водолазных колоколов на 24 чел.); проектная глубина погружения до 350 м. Предназначается для поддержки подводных проектов в районе Северного моря Канады. Габариты – 155,7 м в длину и 27 м в ширину, дедвейт 10 000 т [18].

Плавучий строительный док Kugira (рис. 1е) построен в Японии в 2001 г. Это крупнейшее в Европе судно для строительства кессонов. Имеет почти 60 м в высоту, более 74 м в длину и 49 м в ширину. Может производить блоки весом до 14 тыс. т, длиной до 65,5 м, шириной до 30 м и высотой до 34 м. Экипаж – 200 чел. [19].

Плавучий строительный док HMSBAR 991 (рис. 1ж) построен в 2017 г. для обеспечения эффек-

тивного производства бетонных кессонов для гидротехнического строительства. Док имеет грузоподъемность 18 500 т, длина составляет 58,4 м, ширина – 52,3 м, внутреннее пространство на палубе – 56×34,7 м, дедвейт – 18 491 т. Комплекс имеет осадку в подводном положении 21,8 м, что делает док оптимальным для кессонов и др. подводных сооружений, а также небольших судов и барж. Палубное пространство 1959 м², также имеется 3 рабочих крана [20].

Плавучая атомная теплоэлектростанция «Академик Ломоносов» (рис. 1з) построена в 2020 г. в России. Габариты судна 144,2 м в длину и 30 м в ширину, водоизмещение 21 560 т. На борту размещен атомный энергетический блок, а также каюты на 70 чел. [21–22].

Группа авторов разработала принципы формирования типовых модулей, таких как госпитали,

плавучие мастерские-ремонтные базы, общежития, плавучие заводы по приемке и переработке рыбы, станции очистки (рис. 1и). Основание типовых модулей инфраструктурных систем выполняется в двух видах, один из которых – железобетонный понтон 85 м в длину и 13,5 м в ширину, второй – на сдвоенном понтоне (катамаране) с длиной 85 м и шириной 31 м.

Помимо этого, ведутся работы по проектированию специализированного модуля для сборки завода по производству и отгрузки метанола (рис. 2к) [23]. Подобная идея плавучего завода реализована в проекте «Арктик СПГ-2».

В суровых климатических условиях применение подобных технологических единиц является эффективным и перспективным. Сочетая в себе необходимое оборудование и персонал, подобные базы могут осуществлять строительство причальных сооружений с минимальными затратами на подготовительные и организационные этапы.

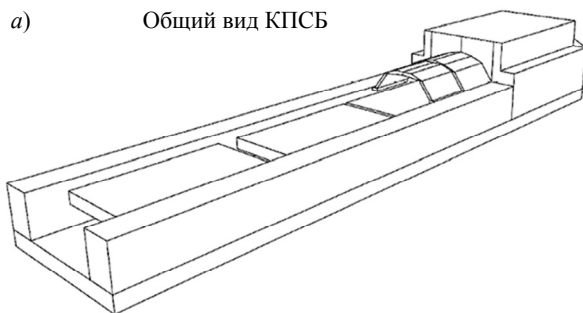
Строительство порта начинается с пионерного освоения – требуется в максимально короткий период оборудовать причальную стенку, к которой будут швартоваться суда. Такое причальное сооружение может быть постоянным или временным, являющимся частью будущего постоянного причала.

В последующем необходимо создать на месте все необходимое для строительства, в т.ч. помещения для размещения рабочих, площадки для складирования материалов и сборки элементов конструкций.

Таким образом, появляется необходимость разработки комплексной плавучей строительной базы (КПСБ), предназначенной для пионерного освоения новых территорий в Арктике и Арктической зоне (рис. 2). Данная КПСБ должна обеспечивать выполнение современного и ускоренного строительства в суровых климатических условиях, при этом с нормальными условиями труда и качеством производимых работ. Конструктивно-технологические решения должны быть ориентированы на достижения наибольшей универсальности и эффективности, что необходимо в данных условиях.

При разработке подобной единицы возникают различные варианты ее функционирования. Например, подобная база не привязывается к конкретному порту/портопункту, а обладает определенной мобильностью и может собственными силами или с помощью вспомогательного флота менять место дислокации. Возможен вариант создания подобной единицы для каждого конкретного порта/портопункта, т.е. функция мобильности может отсутствовать.

а) Общий вид КПСБ



б) Боковой вид КПСБ



в) Вид спереди КПСБ

Вид сзади КПСБ

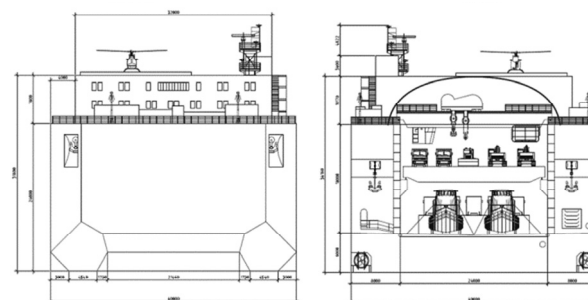


Рис. 2. Комплексная плавучая строительная база:
а) общий вид, б) вид сбоку и сверху, в) вид с торцов

В предложенном варианте конструкции по первому варианту остовам базы является модифицированный транспортный плавучий док, у которого основание выполнено из железобетонного понтона, а башни и верхнее строение – из облегченных рамных металлических конструкций. На базе размещено необходимое оборудование, средства механизации, машины, механизмы, складские пространства, производственные цеха, лаборатории, а также жилые и коммунальные помещения. Предусмотрены помещения для обеспечения работы геодезической, геологической и водолазной служб.

Конструкция обладает достаточной универсальностью. Помимо проведения строительных работ, ее можно применять в качестве плавучего дока, что позволяет при необходимости использовать ее для ремонта вспомогательного флота и других судов.

Предложенное решение базы предусматривает систему перекрытий, позволяющую создать микроклимат для выполнения особо требовательных работ, например, изоляционных, сварочных, бетонных. База является относительно автономной, содержит в себе минимально достаточные строительные материалы, что позволяет производить первичное строительство в неосвоенном районе. На базе размещены морские буксиры, самоходный водолазный бот, разъездные катера и понтоны с машинами и механизмами, а также железобетонные понтоны, которые могут использоваться как в качестве временных причальных сооружений, так и для транспортировки материалов и оборудования. Рассматривается укомплектование базы и самоподъемной установкой с возможностью размещения специализированного кранового оборудования для обеспечения строительных работ.

Для работ на самой базе размещен мостовой кран, используемый в качестве манипулятора понтонов и оборудования. Опыт применения плавучих бетонных заводов позволяет использовать подобную базу также для производства железобетонных изделий. Однако встает вопрос о доставке насыпных материалов или разработки их на месте, что вызывает потребность в размещении на базе оборудования для первичной карьерной разработки.

Возможно создание базы для использования непосредственно в качестве конструкции причального сооружения. В этом случае нет необходимости создания полноценного верхнего строения. Технологическая единица может представлять собой понтон или баржу, которая также несет на себе необходимое оборудование. При этом объем морских

работ для строительства причального сооружения резко сокращается. Подобная конструкция может устанавливаться на дно или оснащаться системой закорения для создания плавучего причала.

Ввиду особенностей региона необходимо минимизировать простои на всех этапах и решить вопрос дальнейшего использования базы после выполнения комплекса работ по созданию ключевой инфраструктуры. Поэтому появляется необходимость в дальнейшем использовать подобную базу в качестве ремонтной, либо задействовать ее в расширении инфраструктуры или для нужд поселка.

Рассматривая возможные варианты наплавных технологий, стоит упомянуть и лихтеровозную технологию как вариант базы для создания портовых гидротехнических сооружений. Вместо лихтеров на лихтеровозе могут перевозиться массивы-гиганты (кессоны) для строительства причальных и других портовых сооружений на необорудованном побережье.

Заключение

Авторами рассмотрены возможные варианты технологических комплексов для строительства портовой инфраструктуры в условиях арктической зоны. Предложены варианты конструктивных решений плавучих строительных баз для пионерного освоения новых территорий. Подобные базы должны сочетать в себе необходимое оборудование и возможность реализации соответствующих технологий.

После выполнении комплекса работ по созданию ключевой инфраструктуры база может переходить на новое место базирования и производить соответствующие работы вновь. Рассмотрен вариант создания баз для каждого локального порта/портопункта, которые впоследствии могут выполнять функции ремонтных и участвовать в расширении инфраструктуры.

Как видно из обзора, подобные решения уже применяются в различных отраслях, а их использование в гидротехническом строительстве в Арктике позволило бы качественно изменить темпы развития инфраструктуры. Представленные решения являются возможными вариантами плавучих строительных баз, предназначенных для строительства гидротехнических сооружений в незамерзающих морях. В настоящее время продолжается работа по созданию аванпроекта подобного сооружения, учитывается опыт отечественных и зарубежных авторов, вносятся корректировки в конструктив и принципиальные решения функционирования.

Разработка новых конструкций и технологий, основанных на новых технических достижениях, позволит качественно изменить темпы и качество освоения и развития региона и СМП в целом и реализовать стратегические задачи развития Арктики и Арктической зоны.

Список использованной литературы

1. *Леонов С.Н., Заостровских Е.А.* Потенциал восточной Арктики как катализатор развития Дальнего Востока России // *Арктика: экология и экономика*. 2019. № 4(36). С. 4–15. DOI: 10.25283/2223–4594-2019-4-4-15.
2. Образован морской порт Провиденция (1937) // Муниципальное бюджетное учреждение городского округа Анадырь «Публичная библиотека им. Тана-Богораза»: [официальный сайт]. URL: <https://www.library-chukotka.ru/calendar-famous-date/21-fevralya-obrazovan-morskoy-port-provideniya-1937> (дата обращения: 29.05.2023).
3. *Белов М.И.* Советское арктическое мореплавание 1917–1932 гг. / Под ред. *Я.Я. Гаккеля, М. Б. Черненко*. Москва : Морской транспорт, 1959. 510 с.
4. *Белов М.И.* Научное и хозяйственное освоение Советского Севера. 1933–1945 гг. Москва : Морской транспорт, 1969. Т. 4. 616 с.
5. *Пинхенсон Д.М.* Проблема Северного морского пути в эпоху капитализма / Под ред. *Я.Я. Гаккеля, М.Б. Черненко*. Москва : Морской транспорт, 1962. Т. 2. 766 с.
6. О внесении сведений о морском порте Певек в Реестр морских портов Российской Федерации : распоряжение Росморречфлота от 24.12.2010 № АД-377-р (ред. от 24.12.2010).
7. О внесении сведений о морском порте Анадырь в Реестр морских портов Российской Федерации : распоряжение Росморречфлота от 26.01.2011 № АД-9-р (ред. от 14.06.2022).
8. О внесении сведений о морском порте Эгвекино в Реестр морских портов Российской Федерации : распоряжение Росморречфлота от 24.12.2010 № АД-378-р (ред. от 19.06.2020).
9. Об утверждении изменений, которые вносятся в приложение к распоряжению Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2010 г. № 2059-р : распоряжение Правительства РФ от 17.02.2022 № 269-р // *Собрание законодательства РФ*. 2022. № 9 от 28.02.2022 (ч. I, II). С. 1351.
10. Федеральное агентство морского и речного транспорта. Информационно-аналитические материалы к расширенному заседанию коллегии Федерального агентства морского и речного транспорта от 27.04.2018 «Об основных итогах деятельности морского и внутреннего водного транспорта в 2017 году, задачах на 2018 год и среднесрочную перспективу до 2020 года».
11. Об утверждении Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года : Указ Президента РФ от 26.10.2020 № 645 // *Собрание законодательства РФ*. 2020. № 4. С. 6970.
12. VSL International LTD. Floating concrete structures. Examples from practice. 2-е изд. Berne, Switzerland : VSL I International LTD, 1997. 24 p.
13. Cement Batching Plant Barge // *SeaBoats* : [сайт]. URL: <https://www.seaboats.net/cement-batching-plant-barge-1490950> (дата обращения: 06.02.2023).
14. Concrete Plant: Cargo barge “EB-102” // *Enka Marine* : [сайт]. URL: <https://www.enkamarine.com/wp-content/uploads/2018/09/eb-102.pdf> (дата обращения: 06.02.2023).
15. Проект плавучего завода железобетонных изделий // АО «Центральное конструкторское бюро «Монолит» : [сайт]. URL: https://monolit-kb.ru/ru/dsign/sudostroenie/sredstva_obespecheniya_i_vspomogatelnye_suda/?nid=134&a=entry.show (дата обращения: 06.02.2023).
16. *Verichev S., Broda B.* Pioneering Spirit: Dream with a heart of steel // *Joint International Conference Minerals of the Ocean-8 & Deep-Sea Minerals and Mining-5*. St. Petersburg : VNII Okeangeologia, 2016. С. 200–207.
17. Плавучий кран SSCV THIALF // *Водный транспорт* : [сайт]. URL: <http://sea-transport.ru/plavuchie-krany/plavuchij-kran-sscv-thialf.html> (дата обращения: 06.03.2023).
18. Technip представила новое водолазное судно Deep Explorer (графика) // ИАА «ПортНьюс» : [сайт]. URL: <https://portnews.ru/news/229774> (дата обращения: 06.03.2023).
19. Kugira, the Giant Artisan // *Experience. Acciona* : [сайт]. URL: https://experience.accona.com/transport/kugira-the-giant-artisan/?_adin=02021864894 (дата обращения: 06.03.2023).
20. HMSBAR 991: Floating Dock for sale in Mediterranean (18,500 tonne) // *Harmony Marine Shipbrokers* : [сайт]. URL: <https://www.hmsbroker.com/vessels-for-sale/floating-dock-for-sale-mediterranean> (дата обращения: 06.03.2023).
21. *Родионова В.Г.* Экономика и технологии плавучих атомных тепловых электростанций: ПАТЭС «Академик Ломоносов» // *Гуманитарный вестник*. 2017. № 10(60).

22. *Петров Э.Л.* О коммерческих приоритетах ПАТЭС: [арх. 04.10.2006] // Атомная стратегия. 2005. № 16 (апрель). С. 11–12.
23. *Аксакин А.А., Волков В.А., Тимофеев О.Я.* Обоснование концепции создания арктических инфраструктурных систем на основе судостроительных технологий // Морской вестник. 2020. № S1(14). С. 54–57.
24. СП 287.1325800.2016. Сооружения морские причальные. Правила проектирования и строительства: введ. 17.06.2017. Москва : Стандартинформ, 2016. VI, 195, [2] с. : ил.

Сведения об авторах

Таранов Даниил Константинович, аспирант Департамента морских арктических технологий ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет». Адрес: 690922, Россия, Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10. E-mail: taranov.dk@dvfu.ru.

Беккер Александр Тевьевич, д.т.н., профессор, академик РААСН, профессор Департамента морских арктических технологий ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет». Адрес: 690922, Россия, Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10. E-mail: bekker.at@dvfu.ru.

Поступила / Received: 14.05.24
Принята в печать / Accepted: 27.06.24
© Таранов Д.К., Беккер А.Т., 2024