

DOI: 10.24937/2542-2324-2022-2-400-169-176
УДК 629.563:504.1

К.Г. Бережной^{1, 2} , С.В. Вербицкий^{1, 2} 

¹ ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», Санкт-Петербург, Россия

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОРСКИХ ПЛАТФОРМ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Объект и цель научной работы. В работе рассмотрены ключевые аспекты воздействия морских платформ на окружающую среду (ОС) и выполнена их качественная оценка. Особое внимание уделено анализу основных систем и компонентов, которые могут оказать наиболее существенное влияние на ОС. К ним относятся: корпус, системы удержания, судовая энергетическая установка и ее системы, буровое оборудование.

Материалы и методы. Рассмотрены следующие виды воздействий от морских платформ: на атмосферный воздух, на недра при строительстве скважин, на гидросферу, а также на флору и фауну.

Основные результаты. Основываясь на приведенных уровнях загрязнения флоры и фауны, атмосферы и воды, можно констатировать, что рассмотренные компоненты платформ в условиях штатной работы практически не оказывают негативного влияния на окружающую среду. Наибольшее, при этом вполне приемлемое воздействие на ОС могут оказать элементы энергетического и бурового комплексов.

Заключение. Данное заключение относится к безаварийной эксплуатации морских платформ при соблюдении всех норм, регулирующих морскую деятельность, а также при установке оборудования, отвечающего предъявляемым требованиям к его техническому состоянию.

Ключевые слова: воздействие на окружающую среду, морские платформы, выбросы в атмосферу, выбросы в гидросферу, влияние на флору и фауну, воздействие бурового комплекса, оценка воздействия.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

DOI: 10.24937/2542-2324-2022-2-400-169-176
UDC 629.563:504.1

K.G. Berezhnoy^{1, 2} , S.V. Verbitsky^{1, 2} 

¹ Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

² St. Petersburg State Marine Technical University, Russia

MAIN FACTORS OF OFFSHORE PLATFORM IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Object and purpose of research. The paper gives consideration to the main aspects of offshore platforms impact on the environment and qualitative assessment. The main attention is paid to the analysis of the main systems and components that could have the most significant impact on the environment. These include: hull, mooring systems, marine power plant and its systems, drilling equipment.

Materials and methods. The following types of the offshore platform impacts are considered: on the atmosphere, on the subsoil during the wells construction, on the hydrosphere, as well as on flora and fauna.

Для цитирования: Бережной К.Г., Вербицкий С.В. Основные аспекты воздействия морских платформ на окружающую среду. Труды Крыловского государственного научного центра. 2022; 2(400): 169–176.

For citations: Berezhnoy K.G., Verbitsky S.V. Main factors of offshore platform impact on the environment. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2022; 2(400): 169–176 (in Russian).

Main results. Based on enumerated pollution levels for flora and fauna, atmosphere and water, it can be stated that the considered platforms components in the normal operation conditions practically do not have negative impact on the environment. The greatest but also acceptable impact on the environment could have marine power plant and drilling complexes component.

Conclusion. This conclusion applies to the accident free offshore platform operation in compliance with all the marine activities governing rules, as well as the equipment installation that meets all the requirements for its technical condition.

Keywords: environmental impact, offshore platforms, emissions into the atmosphere, emissions into the hydrosphere, impact on flora and fauna, drilling complex impact, impact assessment.

The authors declare no conflicts of interest.

Введение

Introduction

В настоящей статье рассмотрены современные типы морских платформ, осуществляющие поисково-разведочное и эксплуатационное бурение, а именно: самоподъемная плавучая буровая установка (СПБУ) [1], полупогружная плавучая буровая установка (ППБУ) [2] и платформа погружного типа.

Особое внимание уделено анализу основных систем и компонентов, которые могут оказать наиболее существенное влияние на окружающую среду. К ним относятся: корпус и верхнее строение; системы удержания; судовая энергетическая установка; буровое оборудование.

Рассмотрены следующие виды воздействия:

- воздействие на атмосферный воздух, обусловленное, прежде всего, выбросами выхлопных газов при работе оборудования платформ;
- воздействие на недра при строительстве скважин, связанное с проходкой самих скважин, а также со сбросами отработанного бурового раствора (ОБР) и бурового шлама (БШ) в нештатных ситуациях;
- воздействие на воду, возникающее из-за сбросов отработанных вод при функционировании оборудования;
- воздействие на флору и фауну, обусловленное энергетическим, световым, шумовым, электромагнитным и радиационным видами загрязнения и возникающее в процессе работы оборудования и электротехнических устройств.

Специфика негативного антропогенного загрязнения заключается в том, что оно обычно мало, однако имеет непрерывный характер. При этом соответствующие загрязняющие вещества постепенно накапливаются в живых и косных компонентах природных экосистем и легко распространяются в ОС на большие расстояния, формируя фоновые поля таких загрязнений в морской среде.

Корпус и верхнее строение

Hull and topside

Платформа, располагаясь в морской акватории, является возмущающим фактором для фауны и флоры. Корпус, как инородный объект со значительной заметностью в подводной части, и верхнее строение либо конструкции надводной части могут оказывать дезориентирующее и отпугивающее воздействие: первый – для морских обитателей, второй – для перелетных птиц.

Для арктических регионов характерно явление полярных ночи и дня. Операции бурения преимущественно будут выполняться во время полярного дня. В этот период заметность освещаемого объекта существенно меньше, но все так же имеет место дезориентирующее воздействие на орнитофауну. Осветительные приборы могут визуально привлекать птиц, которые выбирают платформы для краткосрочной остановки, причем они предпочитают выступающие, наиболее высокие элементы: мачты, грузовые краны, буровую и факельную вышку и т.п.

Влияние на флору обусловлено распространением инородных растений и микроорганизмов из слоя обрастания корпуса. Если в северных районах обрастание растениями и микроорганизмами незначительно, то в южных регионах, где данные процессы протекают значительно быстрее, может проводиться отстой и/или ремонт платформ. Перемещение сооружений с юга на север может одновременно, вместе со слоем обрастания, перенести растения и микроорганизмы, которые будут оказывать негативное влияние на флору и фауну уже в районах эксплуатации. Данное воздействие характеризуется как крайне незначительное, и все-таки имеет место. При проектировании платформ рекомендуется предусматривать меры по противодействию процессам обрастания. Применяемые способы защиты и материалы должны выбираться с учетом минимального воздействия на ОС непосредственно от них самих.

При проведении ремонта, в частности при работе сварочного поста, в атмосферу поступают оксид железа, соединения марганца, диоксид азота, оксид углерода, фториды газообразные и нерастворимые, пыль неорганическая. При механической обработке металлов в слесарной мастерской в атмосферу поступают оксид железа и пыль абразивная.

Система удержания

Mooring system

Для удержания на точке эксплуатации СПБУ используется опорно-подъемное устройство, состоящее из опорных колонн с башмаками и спуско-подъемного механизма.

Опорные колонны частично заглубляются в донный грунт. Как при постановке на точку эксплуатации, так и при снятии присутствуют процессы взмучивания и деформации морского дна. Цилиндрические опорные колонны являются также препятствием для перемещения рыб. Морские обитатели могут получить физические повреждения при столкновении с ними, хотя такая вероятность крайне мала.

В процессе транспортировки опорные колонны значительно возвышаются над корпусом и могут привлекать птиц для кратковременных остановок, не оказывая при этом никакого воздействия. Столкновения маловероятны, но возможны.

Системы удержания и позиционирования ППБУ подразделяются на три типа [3]:

1. якорная система удержания (ЯСУ) – с применением якорей и якорных линий;
2. динамического позиционирования – с применением движительного комплекса и подруливающих устройств;
3. комбинированная – с совместным применением двух вышеперечисленных систем.

ЯСУ оказывает воздействие, в целом принципиально схожее с воздействием на ОС опорно-подъемного устройства:

- якоря, подобно опорным колоннам, воздействуют на донный грунт, вызывая его взмучивание и пропахивание. Площадь воздействия ЯСУ может быть значительно больше по сравнению с площадью, на которую воздействуют опоры СПБУ, но все так же оценивается как незначительное. Это связано с тем, что при выполнении оттяжки линий ЯСУ присутствует участок пропахивания, когда якорь бороздит морское дно перед зацеплением в грунт;

- с якорными линиями, как было указано для опорных колонн, могут сталкиваться и получать повреждения морские обитатели. В этом случае вероятность наступления такого события также остается крайне низкой;
- якорные линии, проходя через клюзы и якорные лебедки, также могут нести в себе частицы смазки, объемы которых не существенны, и все же попадают в водную среду при нормальной эксплуатации платформ.

Система динамического позиционирования создает подводные шумы, обусловленные работой гребных винтов. Шум гребных винтов на определенных частотах привлекает морских обитателей, которые, в свою очередь, могут подплывать к движителям довольно близко, вплоть до соприкосновения, что чревато получением увечий [4].

Судовая энергетическая установка

Marine power plant

Основным видом воздействия от СЭУ является выброс выхлопных газов, являющихся продуктами окисления и неполного сгорания углеводородного топлива. Количество выделяемых в атмосферу загрязняющих веществ определяется массовым выбросом газов и составом отходящих газов, которые напрямую зависят от мощности СЭУ и вида применяемого топлива.

Дизель-генераторы СЭУ являются постоянным источником, прежде всего, атмосферного загрязнения: при их работе в атмосферу выделяются оксиды азота, сажа, диоксид серы, оксид углерода, бензапирен, формальдегид, керосин [5]. Кроме того, такие установки – источник теплового, шумового и вибрационного воздействия на ОС. Данные воздействия передаются в морскую среду и атмосферу через корпус платформы и свободные воздушные пространства и влияют, главным образом, на фауну морской акватории.

Выбросы выхлопных газов – явление прогнозируемое, а объем выбросов является предметом внесения компенсационных выплат за нанесенный ущерб ОС [6]. Энергетические схемы, применяемые в судовых установках, и режимы их эксплуатации значительно изменяются в отношении использования высокосернистых тяжелых сортов топлива в СЭУ в связи с тем, что количе-

ство оксидов серы в отработанных газах прямо пропорционально содержанию серы в топливе. В этом плане приоритет получают такие установки, в которых из-за большой энергетической эффективности вредное воздействие на ОС будет минимальным.

В части размера экологического ущерба ОС от функционирования СЭУ отдельных типов газотурбогенераторы показали значительное преимущество перед дизельными установками с малооборотным двигателем. Так, экологический ущерб первых составляет примерно 5% от вреда вторых. Кроме того, в последнее время приобрели распространение двухтопливные СЭУ, способные эксплуатироваться как на дизеле, так и на газе. Использование газа положительно сказывается на величине выбросов серы в атмосферу. Именно с этим связан перевод многих судовых двигателей на потребление газомоторного топлива [7].

Котельная установка использует энергию сжигаемого в собственных печах топлива, электрическую энергию (электрический паровой котел) или утилизируемую теплоту, выделяющуюся в других установках (котлы-утилизаторы). В водную среду может сбрасываться очищенная котельная вода температурой выше, чем морская. Оказываемое тепловое воздействие расценивается как незначительное.

Система загрузки, хранения, очистки и подачи топлива и масла включает, в числе прочего оборудования, сепараторы и насосы перекачки. Загрязнение морской воды возможно при возникновении нештатной ситуации, протечках. При хранении горючих жидкостей в атмосферный воздух поступают пары сероводорода и углеводородов. При перекачке дизельного топлива или масла от неплотностей соединений трубопроводов в ОС могут выделяться углеводороды в виде паров и протечек. Кроме того, оборудование системы – источник шумового и вибрационного воздействия.

Твердые бытовые отходы

Domestic solid waste

В процессе эксплуатации рассматриваемых сооружений и жизнедеятельности экипажа образуются твердые бытовые отходы [3]. В их числе:

- металлолом (обрезки труб, сломанный инструмент);
- деревянные отходы (упаковочный и крепежный материалы);
- пластиковый упаковочный материал;

- смешанный мусор (изношенные точильные камни, сварочные электроды, гвозди, стальная проволока, нейлоновые веревки и пр.).

Образование бытового мусора зависит от численности персонала и, по некоторым данным, составляет около $0,002 \text{ (м}^3\text{/сут.)} \cdot N \text{ (чел.)}$ [8]. Образование пищевых отходов также зависит от численности персонала и составляет около $0,003 \text{ (м}^3\text{/сут.)} \cdot N \text{ (чел.)}$ [9].

Твердые производственные и бытовые отходы сортируются. Основная их масса доставляется на берег судами обеспечения. Часть отходов, не вывозимых на берег, сжигается в инсинераторе. В частности, на сжигание поступают кухонные отходы, мусор из жилых помещений, некоторые медицинские отходы, а также масляные фильтры, замасленная ветошь и т.п.

Вывозимые с платформ отходы передаются на переработку и/или размещаются на свалках на суше. В конце каждого года составляется статистический отчет по объемам отходов и, исходя из указанного, производятся компенсирующие выплаты [6].

Буровое оборудование

Drilling equipment

Система сбора буровых сточных вод предназначена для сбора и локализации технологических протечек и проливов бурового раствора и буровых сточных вод.

На площадках бурового комплекса предусмотрена дренажная система, которая обеспечивает сбор и отведение вод, используемых для промывки бурового оборудования, дождевых вод с загрязненных участков модуля, проливов бурового раствора и/или химических компонентов в процессе его приготовления. Собираемые стоки поступают в накопительную цистерну, снабженную перемешивающим оборудованием, и закачиваются в специальную скважину. Отработанные продукты бурения также собираются дренажной системой и направляются на берег через судно снабжения.

Одним из видов оценки воздействия на состояние морских вод при реализации проекта бурения скважин является прогноз изменения гидрохимического режима в пределах зоны влияния проектируемого объекта, обусловленного сбросом очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод и нормативно чистых вод из внешних контуров охлаждения. Возможность сброса

сточных вод в водный объект определяется соблюдением нормативно допустимых значений вредных веществ в воде водного объекта в контрольном створе с учетом существующих гидрологических и гидрохимических характеристик водоема и качественных характеристик сбрасываемых стоков [1, 2].

Циркуляционная система буровой установки предназначена для приготовления, очистки, регулирования свойств и циркуляции бурового раствора, обеспечивающего вынос выбуренной породы и подведение мощности к забойному двигателю и долоту.

Очистка бурового раствора, как одна из важнейших операций в современном бурении, от которой существенно зависит эффективность всего процесса строительства скважин, реализуется в различных вариантах. Для очистки от выбуренной породы утяжеленных буровых растворов используют специальные установки – блоки очистки.

Циркуляционная система бурового раствора и входящее в ее состав оборудование являются возможным источником загрязнения морской среды при возникновении нештатной ситуации. Кроме того, при приготовлении буровых растворов в атмосферу поступает неорганическая пыль, способная к дальнейшему распространению под действием ветра.

Для смазки и охлаждения работающего бурового инструмента, выноса на поверхность и сепарации выбуренной горной породы, контроля и регулирования гидростатического давления в скважине используются буровые растворы.

В настоящее время в практике буровых работ наибольшее распространение получили три основных типа буровых композиций, в которых в качестве основы используются соответственно нефтепродукты, вода или продукты химического синтеза.

В качестве базовых компонентов *буровых растворов на нефтяной основе* (БРНО) обычно применяют нефтепродукты (дизельное топливо, масла, парафины и др.), что предопределяет их вредные свойства и экологическую опасность при попадании в морскую среду. Именно это обстоятельство послужило причиной принятого во многих странах запрета на удаление в море отходов буровых работ при использовании БРНО.

Буровые растворы на водной основе (БРВО) являются наиболее предпочтительны в экологическом плане в силу их относительно низкой токсич-

ности. Их широко используют при выполнении буровых работ на морском шельфе.

В 1990-е гг. появилось поколение *буровых растворов, основу которых составляют продукты химического синтеза* (БРСО): синтетические углеводороды (полиолефины и их изомеры), эфиры и другие искусственные органические вещества. Данные растворы также отличаются низкой токсичностью.

Система хранения отработанного бурового раствора применяется при использовании буровых растворов на нефтяной основе, сброс которых запрещен требованиями Международной конвенции МАРПОЛ 73/78. Система состоит из цистерн хранения и перегрузочного устройства отработанных буровых растворов с платформы на судно снабжения.

Характерными отходами при всех видах буровых работ являются буровые шламы, которые представляют собой измельченную горную породу, выбуренную в процессе прохождения ствола скважины и вынесенную на поверхность с циркулирующей промывочной жидкостью [3].

С экологических позиций, решающую роль среди всех показателей шлама, помимо дисперсности, играет содержание в нем нефтяных углеводородов, токсичных компонентов буровых растворов и тяжелых металлов. Именно эти характеристики являются основой для принятия тех или иных регулирующих мер и стандартов по обращению с буровым шламом – от разрешения сбросов в море до их полного запрета. Все эти показатели могут сильно колебаться даже при бурении одной скважины, в зависимости от многих обстоятельств технического и технологического характера.

Присутствие в шламе нефти и нефтепродуктов неизбежно при буровых работах с использованием БРНО. Шламы, выделенные из БРВО и БРСО, как правило, не содержат нефти, либо она присутствует в следовых количествах.

Повышенное (по сравнению с локальным природным фоном) содержание в твердых буровых отходах тяжелых металлов может возникать из-за различия микроэлементного состава выбуренной горной породы и донных отложений в данном месте, а также в результате введения в буровые рецептуры барита с примесями металлов и некоторых лигносульфонатов, содержащих железо и хром. Практически все известные исследования показывают, что следовые металлы в шламах находятся в нерастворимой форме

(обычно в структуре кристаллической решетки минералов) и их содержание, за исключением бария, колеблется в пределах природной изменчивости геохимического фона микроэлементов в донных осадках.

Принятые во многих странах экологические правила запрещают сброс в море шламов, загрязненных БРНО, в любых ситуациях и допускают при определенных условиях такой сброс для шламов, выделенных из БРВО и БРСО. При этом должен соблюдаться ряд требований к составу шламов и районам их сброса. В частности, содержание остатков бурового раствора в сбрасываемом материале не должно превышать 1%. Сброс в море шламов обычно вызывает следующие основные негативные эффекты и последствия:

- повышение мутности воды и нарушение жизнедеятельности планктонных и бентосных организмов-фильтраторов;
- физическое воздействие на донные организмы и изменение условий их существования;
- перестройки видовой структуры донных сообществ при длительных сбросах.

Если сброс в море шлама запрещен, то его следует вывозить на берег, либо закачивать обратно в пласт с промывочной жидкостью.

Заключение

Conclusion

При качественной оценке влияния оборудования, систем и компонент платформ на окружающую среду основное внимание уделялось таким критериям, как уровень, продолжительность и географическая протяженность предполагаемого воздействия в пространственных и временных рамках.

Известно, что для оценки воздействия на флору и фауну при разработке проектов сахалинского шельфа принималось четыре градации [10], которые можно охарактеризовать как:

1. пренебрежимо малое воздействие или отсутствие воздействия: отсутствие заметных прогнозируемых воздействий на окружающую среду; воздействие настолько незначительной степени, что проведение дальнейшего рассмотрения оценки воздействия на ОС не требуется;
2. незначительные воздействия: воздействуют на конкретную группу в рамках генетической популяции/субпопуляции в течение короткого периода (не более одного поколения затронутых

воздействием особей), но не влияют на другие трофические уровни или популяцию/субпопуляцию;

3. умеренные воздействия: влияют на часть популяции/субпопуляции и могут вызвать изменение численности и/или распределения на протяжении одного либо нескольких поколений затронутого воздействием вида, но не угрожают целостности этой популяции или любой зависимой от нее субпопуляции. Умеренные воздействия на один и тот же ресурс, накладывающиеся друг на друга в пределах широкой зоны, рассматриваются как значительные воздействия;
4. значительные воздействия: влияют на всю популяцию/субпопуляцию или вид в степени, достаточной, чтобы вызвать сокращение численности и/или изменение в распределении, при превышении которого естественное пополнение (размножение, иммиграция из незатронутых воздействием областей) не возвращает популяцию или вид, либо любую зависимую популяцию/субпопуляцию или вид к прежнему уровню в течение нескольких поколений затронутого воздействием вида.

Для оценки воздействия на атмосферу также можно применять четыре уровня загрязнений: низкий, повышенный, высокий и очень высокий.

Основываясь на приведенных уровнях загрязнения флоры и фауны, атмосферы и воды можно констатировать, что рассмотренные компоненты платформ в условиях штатной работы практически не оказывают негативного влияния на окружающую среду. Наибольшее, при этом вполне приемлемое воздействие на ОС могут оказать элементы энергетического и бурового комплексов.

Данное утверждение относится к безаварийной эксплуатации сооружений при соблюдении всех норм, регулирующих морскую деятельность, а также при установке оборудования, отвечающего всем современным требованиям к его техническому состоянию.

Список использованной литературы

1. *Крупнов Г.К.* Самоподъемные плавучие буровые установки: история, современность, перспективы. Аналитический обзор. Санкт-Петербург : Крыловский гос. науч. центр, 2013. 193 с.
2. *Крупнов Г.К.* Плавучие полупогружные буровые установки: история, современность, перспективы. Аналитический обзор. Санкт-Петербург : Крыловский гос. науч. центр, 2014. 206 с.

3. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ : НД № 2-020201-015. Санкт-Петербург : Российский морской регистр судоходства, 2018. 460 с.
4. Зуева Е.С., Зыкова А.А., Кириченко А.В. Шумовое загрязнение Арктики // Экономика, экология и общество России в 21-м столетии. 2021. Т. 2, № 1. С. 34–38.
5. ГОСТ Р 56163-2019. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу стационарными дизельными установками (новыми и после капитального ремонта) различной мощности и назначения при их эксплуатации. Москва : Стандартинформ, 2019. 12 с.
6. Об охране окружающей среды : федер закон от 10 янв. 2002 г № 7-ФЗ : [принят Гос. Думой 20 дек. 2001 г.].
7. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., изм. Протоколом 1978 г. к ней (МАРПОЛ 73/78). Приложение VI.
8. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. Издание второе : В 2 т. Т. 1. Морской нефтегазовый комплекс: состояние, перспективы, факторы воздействия. Москва : Издательство ВНИРО, 2017. 345 с.
9. Санитарно-эпидемиологические правила СП 2.5.3650-20. Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры : [утв. постановлением Главного врача Российской Федерации от 16 окт. 2020 № 30].
10. Оценка воздействия на окружающую среду : Пояснительная записка. Проект «Сахалин-2», Инженерно-геологические исследования Южно-Пильтунского месторождения, 2017.
4. Zueva E.S., Zyкова A.A., Kirichenko A.V. Air pollution in the Arctic // Economics, ecology and society of Russia I 21st century. 2021. Vol. 2, no. 1. P. 34–38 (in Russian).
5. GOST R 56163-2019. Emissions of polluting substances into the atmosphere. Method for calculating pollutant emissions from stationary diesel engines (new and after major repairs) of different capacity and purpose of use during their operation. Moscow : Standartinform, 2019. 12 p. (in Russian).
6. On environment protection: federal law of 10 January, 2002. No. 7-FZ : [passed by Duma on 20 December 2001] (in Russian).
7. The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978[2] (MARPOL 73/78), Annex VI.
8. Patin S.A. Oil and ecology of Continental Shelf. Edition 2 : in 2 vol. Vol. 1. Marine oil & gas complex: status, prospects, factors of influence. Moscow : Izd. VNIRO, 2017. 345 p. (in Russian).
9. Health and hygiene rules. SP 2.5.3650-20. Health and hygiene requirements for some types of transport and transport infrastructure objects : [approved by decree of Chief Medical Officer dated 16 October 2020 No. 30] (in Russian).
10. Assessment of environmental impact, Explanatory note. Sakhalin 2 project. Geotechnical survey of South-Piltun field, 2017 (in Russian).

References

1. Krupnov G.V. Floating jack-up drilling rigs: background, current status, future prospects. Analytical overview. St. Petersburg : Krylov State Research Centre, 2013. 193 p. (in Russian).
2. Krupnov G.V. Floating semi-submersible drilling rigs: background, current status, future prospects. Analytical overview. St. Petersburg : Krylov State Research Centre, 2014. 206 p. (in Russian).
3. Rules for the Classification, Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units and Fixed Offshore Platforms: ND No. 2-020201-015. St. Petersburg : Russian Maritime Register of Shipping, 2018. 460 p.

Сведения об авторах

Вербицкий Сергей Владимирович, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», начальник отдела ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 494-09-31. E-mail: ser_verb@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-1915-132X>.
Бережной Константин Геннадьевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», заместитель начальника отдела ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 494-09-31. E-mail: berezhnoik@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6200-4988>.

About the authors

Sergey V. Verbitsky, Cand. Sci. (Eng.), Head of Department at St. Petersburg State Marine Technical University, Head of Department and Lead Designer at Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Peters-

burg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 494-09-31.
E-mail: ser_verb@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-1915-132X>.

Konstantin G. Berezhnoy, Senior Lecturer at St. Petersburg State Marine Technical University, Deputy Head of Department at Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 494-09-31. E-mail: berezhnoik@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6200-4988>.

Поступила / Received: 21.03.22
Принята в печать / Accepted: 04.05.22
© Бережной К.Г., Вербицкий С.В., 2022