

РАЗВЕДОЧНОЕ БУРЕНИЕ НА АРКТИЧЕСКОМ И ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ ШЕЛЬФЕ РОССИИ

О. В. Жданеев, К. Н. Фролов

ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России
(Москва, Российская Федерация)

А. Е. Коныгин

ООО «Газпром нефть шельф» (Санкт Петербург, Российская Федерация)

М. Р. Гехаев

АНО «Агентство Дальнего Востока по привлечению инвестиций и поддержке экспорта» Минвостокразвития России (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 30 мая 2020 г.

Рассматриваются возможности и ограничения по решению задачи круглогодичного разведочного бурения на море в экстремальных условиях российской Арктики. Обосновывается необходимость поддержания темпов геологоразведки нефтегазоносных провинций в Арктике и на Дальнем Востоке России с последующим проведением поисково-разведочного бурения. Установлены перспективы эксплуатационного бурения и добычных шельфовых проектов в северных и дальневосточных морях России. Сделаны выводы относительно того, почему именно задача расширения сезона бурения в Арктике вплоть до обеспечения круглогодичных работ в зависимости от региона должна быть решена в ближайшие пять лет за счет реализации отечественного проекта по созданию ледостойкой мобильной буровой установки. Исследованы глубины лицензионных участков и всех нефтегазоперспективных структур в Арктике и на Дальнем Востоке России, проанализированы ледовые и климатические условия. Проведена оценка стоимости проектов, определена последовательность их реализации в соответствии с потребностями государства, наличием технологических решений и экологическими рисками.

Ключевые слова: разведочное бурение на море, ледостойкая мобильная буровая установка, континентальный шельф, Арктическая зона Российской Федерации, Дальний Восток России, батиметрия, ледовые условия.

Введение

Несмотря на то что в мировой экономике все шире используются возобновляемые источники энергии, ископаемые виды топлива будут по-прежнему доминировать в мировом энергетическом балансе. Прогнозируется, что мировой спрос на газ продолжит восходящую траекторию роста, увеличившись с 9,17 млн т нефтяного эквивалента (н. э.) в сутки в 2018 г. до чуть более 12,64 млн т н. э. в сутки в 2040 г., что будет соответствовать доле в 25% в структуре спроса на первичную энергию (в 2019 г. эта доля составляла 23%) [1].

По оценкам ОПЕК доля нефти в мировом энергетическом балансе сократится с текущих 32% до 28% в 2040 г. В то же время в период между 2018 и 2040 гг. спрос на нефть вырастет на 1,48 млн т н. э. в сутки, достигнув 14,1 млн т н. э. в 2040 г. [1].

В общей сумме к 2040 г. доля нефтегазовых ресурсов в мировом энергетическом балансе по прогнозам 2019 г. составит 53%, что почти не отличается от прогнозов 2010 г. в 49—53%. При этом общее потребление нефти и газа вырастет почти на 23% — на 4,96 млн т н. э. Так, ожидается, что объем торговли сырой нефтью увеличится примерно на 4 млн баррелей в сутки в период между 2018 и 2040 гг. с уровня в 38 млн баррелей.

© Жданеев О. В., Фролов К. Н., Коныгин А. Е., Гехаев М. Р., 2020

Очевидно, что за 20 лет к 2040 г. значительная доля потребления нефти и газа придется на месторождения, которые еще не открыты или открыты, но не разведаны.

Согласно одобренной Правительством России «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» планируется поддержание ежегодного уровня добычи нефти и газового конденсата в диапазоне 490—555 млн т прежде всего за счет масштабного вовлечения в разработку трудноизвлекаемых запасов континентальной части страны. Поддержание добычи газа до 2035 г. в диапазоне 860—1000 млрд м³ в основном планируется на основе вовлечения в разработку новых континентальных месторождений севера Западной Сибири, прибрежных мелководных (до 10 м) месторождений в заливах Карского моря.

Начальные извлекаемые суммарные ресурсы морской части Арктической зоны Российской Федерации в целом оценены величиной порядка 114 млрд т н. э., что составляет около 27% всех углеводородных ресурсов России. Неразведанный потенциал запасов нефти, газа и конденсата (категории Д) Арктической зоны составляет около 90% на шельфе; для сравнения: на суше — 53%. Начальные извлекаемые разведанные в регионе запасы нефти на шельфе категорий А+В+С1+С2 составляют около 600 млн т, газа — около 11 млрд м³ [2].

Разведанность шельфа дальневосточных морей незначительно выше шельфа Арктики и составляет 0% в Беринговом море, чуть более 1% в Японском море и порядка 25% в Охотском море [3].

Постсоветская активизация геолого-разведочных работ (ГРП) на шельфе Арктики началась в 2013 г. Общие затраты на ГРП на арктическом шельфе России составили 261,4 млрд руб. за семь лет, в среднем 37 млрд руб. в год. Ежегодный объем ГРП стабилен с 2017 г. [4].

На основании оценок начальных извлекаемых запасов, геологической изученности регионов можно сделать вывод, что нефтегазовые ресурсы шельфа Арктики и Дальнего Востока в перспективе с 2035—2045 гг. будут занимать значительное место в поддержании уровня добычи нефти и газа в России, компенсируя неизбежный постепенный спад добычи на континентальных месторождениях.

Целью статьи является выработка предложений по возможности реализации планов широкого освоения шельфа Арктики и Дальнего Востока.

Эксплуатационное бурение

83% добычи газа и 12% добычи нефти России обеспечиваются нефтяными и газовыми месторождениями, расположенными на континенте за пределами Полярного круга [5]. Заполярные шельфовые проекты ограничиваются в настоящее время Приразломным месторождением. Ситуация вплоть до 2035—2040 гг. кардинально не изменится из-за достаточно большого, прежде всего экономически

оправданного потенциала развития разработки месторождений в Восточной Сибири, разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами на уже давно освоенных территориях, таких как Западная Сибирь.

Поэтому в ближайшие 15 лет в Арктике будут реализовываться лишь отдельные добычные проекты в не самых тяжелых ледовых условиях и в прибрежных зонах на глубинах до 40—60 м. На Дальнем Востоке, вероятно, будут продолжены работы по освоению прибрежных шельфовых месторождений Сахалина.

В Западной и Восточной Арктике, на Дальнем Востоке строительство одной стационарной ледостойкой добывающей платформы для глубин до 40—60 м оценивается не менее чем в 1—1,5 млрд долл. Единичные проекты в отдаленных морских регионах с зачастую экстремальными условиями работы, без разработки соседних месторождений, влекут за собой очень высокие операционные затраты. В большей мере это происходит из-за необходимости обеспечения круглогодичной морской логистики от базового порта до нефтегазодобывающего объекта, обслуживания береговой инфраструктуры проекта, наличия специализированного флота для ликвидации разливов и аварийно-спасательных операций.

Одновременная разработка нескольких проектов, например в рамках нефтегазоносного района или минерально-сырьевого центра (МСЦ), с синергией за счет совместного использования одной транспортной, береговой и аварийно-спасательной инфраструктуры двумя-тремя нефтегазодобывающими проектами или компаниями значительно снижает операционные затраты, геологические и производственные риски.

В настоящее время разработка нескольких соседних нефтегазоносных объектов в рамках МСЦ в Арктике затруднена прежде всего из-за низкого процента разведанности акватории шельфа в каждом из арктических и дальневосточных морей, отсутствия подтвержденных поисково-разведочным бурением данных ГРП. Исключением в России является находящийся в стадии формирования, но уже более десяти лет успешно осваиваемый МСЦ шельфа Охотского моря на северо-восточном берегу острова Сахалин.

Подводная добыча или привязка безлюдных платформ к существующей инфраструктуре, которые коммерчески эффективны в Северном и Норвежском морях, в Мексиканском заливе и прочих мировых шельфовых регионах нефтедобычи, почти повсеместно становятся сложно реализуемыми в российской Арктике в силу сезонности бурения. Медленный ввод скважин не обеспечивает выход на уровень, обеспечивающий коммерциализацию освоения.

В итоге для оперативного наращивания экономически оправданного эксплуатационного бурения

Таблица 1. Ледовая обстановка в морях Арктики и Дальнего Востока России

Акватория	Наличие многолетних льдов/айсбергов	Средняя максимальная толщина ровного ледового поля, м	Усредненная длительность для ровного ледового поля различной толщины, нед					
			Открытая вода или сплоченность льда менее 10%	Условная толщина ровного ледового поля (без учета увеличения толщин льда при торошении)				
				Менее 0,3 м	Менее 0,6 м	Менее 1 м	Менее 1,4 м	1,4 м и более
Баренцево море, юг (Печорское)	Нет	0,9	13	10	4	10	10	5
Баренцево море, северо-восток	Есть, часто	1,5	13	4	6	10	9	10
Карское море, юго-запад	Нет/редко	1,2	9	10	6	6	6	15
Карское море, северо-восток	Есть, часто	1,8	3	6	5	3	2	33
Море Лаптевых	Есть	2,0	10	3	6	7	5	21
Восточно-Сибирское море	Есть	2,3	9	4	5	6	8	20
Чукотское море	Редко	1,8	12	3	5	6	8	18
Берингово море	Нет	1,2	30	3	5	12	2	0
Охотское море	Нет	1,2	26	4	6	14	2	0
Японское море север	Нет	0,4	40	8	4	0	0	0

в исследуемых регионах через 15 лет необходимо до 2035 г. параллельно вести несколько десятков ГРП по теоретически перспективным минерально-сырьевым центрам. В среднем на подготовку месторождения к эксплуатационному бурению в условиях шельфа Арктики и Дальнего Востока тратится от 9 до 12 лет: 2D и 3D сейсморазведка, геохимические и другие исследования, поисково-оценочное и разведочное бурение, интерпретация данных по каждой стадии работ. Уменьшить срок и стоимость программ ГРП возможно за счет применения мобильных ледостойких буровых установок, способных гарантировать бурение одной или нескольких скважин в один сезон, несмотря на ледовые условия за пределами ограниченного сезона открытой воды.

Анализ исходных данных для разведочного бурения

На 1 июня 2020 г. всего существует 93 лицензионных участка (ЛУ) в Арктике и на Дальнем Востоке, распределенных между компаниями ПАО «Роснефть», ПАО «Газпром», ПАО «Газпром нефть», ПАО «НОВАТЭК» и АО «Севернефтегаз», и множество

известных нераспределенных нефтегазоперспективных участков шельфа. Площадь действующих лицензий составляет 1656 тыс. км².

Природно-климатические условия работы в российской Арктике разнообразны. Обобщенные ледовые характеристики по результатам исследований и материалов трудов И. О. Думанской [6; 7] в разбивке по акваториям арктических и дальневосточных морей представлены в табл. 1.

В западной части российской Арктики недалеко от морской границы с Норвегией существуют незамерзающие акватории, к востоку, в южной части Баренцева и Карского морей, расположены районы с выраженной сезонностью и периодом открытой воды, достаточным, как правило, для бурения одной морской скважины.

В сезонно замерзающих акваториях доступно применение рыночных морских буровых установок с ограничением по сезону в период присутствия льдов в акватории.

В северной части Баренцева и Карского морей при сезонности ледообразования регулярно наблюдаются айсберги, интенсивность появления которых

растет именно в летний период. В связи с неполным очищением ото льда применение рыночных буровых установок, не рассчитанных на возможность контакта со льдом, в этих акваториях становится недопустимым.

Восточная часть российской Арктики характеризуется в основном коротким безледовым сезоном, недостаточным по длительности для бурения морской скважины, очищение ото льда часто бывает неполным, когда в период сезонного вытаивания льдов в акватории возможно появление двухлетних и многолетних ледяных образований, в том числе айсбергов и ледяных массивов. В результате акватория Восточной Арктики — моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей — в силу неполного очищения ото льда в течение года или очень короткого безледового периода сегодня недоступна даже для поискового бурения. Существующие буровые установки либо вообще не могут быть использованы, либо их привлечение для бурения одной скважины за два-три сезона (года) будет дорогостоящим и экономически неоправданным.

Шельф дальневосточных Берингова и Охотского морей характеризуется выраженной сезонностью ледообразования и отсутствием двухлетних и многолетних льдов. В период открытой воды возможно использовать рыночные морские буровые установки без ледового усиления. Акватория Японского моря замерзает только в северной части Татарского пролива к западу от Сахалина.

В рамках данной работы был проведен комплексный анализ глубин по всем ЛУ в Арктике и на Дальнем Востоке, включая нераспределенный лицензионный фонд. Помимо общего анализа батиметрии акваторий лицензионных участков оценены глубины по всем известным нефтегазоперспективным структурам (НГПС). Важно отметить, что глубины являются одним из ключевых факторов, определяющих выбор типа применимых морских буровых установок.

Батиметрические исследования морей Западной Арктики проводились с выделением в отдельную подгруппу юго-восточной акватории Баренцева моря — Печорского моря, Обской губы и Тазовской губы Карского моря. Печорское море, Обская губа и Тазовская губа — одни из самых разведанных по запасам углеводородов акваторий Арктики. Общая площадь ЛУ Западной Арктики составляет 673 тыс. км² и чуть больше 100 тыс. км² НГПС внутри ЛУ. На ЛУ Баренцевого и Карского морей, исключая Печорское море и Обскую и Тазовскую губы, преобладают глубины более 60 м — 78%, НГПС внутри ЛУ — 84%. Печорское море, Обская и Тазовская губы, наоборот, относительно мелководны, площадь ЛУ на глубинах до 60 м составляет 84%, НГПС внутри ЛУ — 87% [8].

Шельф морей Восточной Арктики — самый сложный для любых производственных работ и условно до сих пор неизученный регион — разведанность не превышает 1%. Общая площадь ЛУ составляет

776 тыс. км², количество обнаруженных НГПС невелико, 6—7%. Глубины по ЛУ от 0 до 40 м — 23%, от 40 до 60 м — 45%, от 60 м — 32%. Глубины по ЛУ более 80% присутствуют в значимом количестве в Чукотском море (32%) и море Лаптевых (около 10%) [8].

Результаты батиметрических исследований ЛУ морей Дальнего Востока были достаточно предсказуемы: 84% площадей ЛУ площадью 207 тыс. км² и НГПС находятся на глубинах более 80 м. Во всех трех морях по результатам сейсморазведки найдено большое количество НГПС внутри ЛУ общей площадью более 40 тыс. км². В Беринговом море действующие ЛУ отсутствуют [8].

Большая часть фонда нераспределенных НГПС, не менее 70 тыс. км² по всем трем регионам, находится на глубинах более 80 м (71%), перспективные участки для сейсморазведки в рамках контрактов Росгеологии также находятся более чем на 95% на глубинах более 80 м [8].

Таким образом, эффективность развития шельфа российской Арктики в значимой мере зависит от возможности расширения сезона бурения в ледовых условиях вплоть до круглогодичного бурения в ряде регионов и в различном диапазоне глубин как в границах одной акватории, так и в целом по Арктике и Дальнему Востоку. Такой опыт, хотя и весьма ограниченный, уже накоплен в мире, для эффективной работы в российской Арктике также существуют технологические возможности.

Важно отметить, что наличие коммерчески обоснованной прикладной задачи уже в 1970-х годах позволило реализовать на арктическом шельфе Канады такую сложную технологическую задачу, как бурение в условиях ледовых нагрузок. Усовершенствованные за 50-летний период технологии проектирования, строительства, а также материалы и технологические процессы значительно расширили современные возможности. Вместе с тем в течение этого периода появились и новые ограничения, связанные с не всегда сбалансированным ужесточением правил и норм промышленной и экологической безопасности.

Применимость апробированных отраслевых решений на шельфе российской Арктики

Акватория шельфа арктических морей Канады

Опыт освоения канадской акватории моря Бофорта имеет ограниченную применимость в условиях российского арктического шельфа. Связано это в значимой мере с характером набора глубин — для арктических морей Канады характерен продолжительный мелководный шельф с глубинами в пределах 30 м, резкий материковый склон до глубин 400—500 м и глубоководное дно океана.

Перспективные бассейны мелководной зоны шельфа арктических морей Канады (до 25—30 м)

уже разведаны, и применявшиеся для этого мобильные решения уже давно не востребованы. Так, использовавшиеся когда-то для геологоразведки мобильные кессоны использованы в качестве оснований стационарных добывающих платформ на шельфе Сахалина (Орлан, Моликпак), мобильная буровая установка (МБУ) SSDC законсервирована с 2006 г., а МБУ «Куллук» утилизирован вследствие возраста корпуса и высокой стоимости требовавшейся модернизации. На шельфе России применимость канадских мобильных решений для мелководья ограничена из-за характера набора глубин.

Ряд апробированных в Канаде решений для мелководья, например создание ледяного острова, также могут быть заимствованы для целей выполнения поискового бурения на глубинах моря до 6—8 м. Перспективные нефтегазоносные участки на такой глубине на арктическом шельфе России в основном расположены в устьях рек. Строительство ледяных островов в пресноводном ледяном поле требует адаптации, значительного увеличения массы и габаритов ледяных островов из-за увеличивающихся внешних нагрузок от пресноводного льда по сравнению с районами с морским льдом, где создавались канадские аналоги.

Для глубоководного шельфа Канады отрасль создала применимые технические решения с системой динамического позиционирования. В настоящее время в мире существует единственное способное работать в ледовых условиях буровое судно «Stena DrillMAX Ice», которое в силу ограничений по бурению в глубоководной арктической зоне с момента спуска на воду работало преимущественно в теплых водах Мексиканского залива в ущерб владельцу.

Буровые установки с динамическим позиционированием имеют ограничение по минимальной глубине моря от 60—80 м в точке бурения, для их работы требуется масштабное потребление топлива и соответственно емкое хранилище, сопоставимое по размерам с небольшим танкером. Если в условиях чистой воды с присутствием отдельных ледяных образований судно с динамическим позиционированием способно работать на глубинах даже меньше 100 м, то в условиях нагрузок сплоченного льда рабочие глубины для системы динамического позиционирования начинаются от 500—600 м. Это связано с неравномерностью усилия по разламыванию торшного ледяного поля (для сохранения позиции в неоднородном поле требуется постоянное изменение мощности, при снижении нагрузок требуется гашение собственной инерции) и задержкой во времени при противодействии нагрузкам вследствие отсутствия жестких связей (может происходить значительное смещение относительно изначальной точки).

В восточной части российской Арктики период низкой сплоченности льда очень непродолжителен, а глубины в основном не превышают 150—200 м.

В западной части российской Арктики глубины более 500—600 м фактически отсутствуют.

Существуют определенные ограничения и по минимальной глубине применения погружной гравитационной ледостойкой мобильной буровой установки (ЛМБУ) в диапазоне 20—25 м по причине большой массы установки, которая в зависимости от конструкции и применяемых материалов варьируется от 50 тыс. т до нескольких сотен тысяч тонн.

Большая масса конструкций значительно увеличивает минимальную осадку ЛМБУ и ограничивает передвижение по зачастую мелководным проливам, например проход через Новосибирские острова. Современные самоподъемные буровые установки (СПБУ) могут применяться на глубинах от 5—8 м. Проекты ледостойких СПБУ требуют большей автономности, минимум от 30 сут по всем видам запасов и усиленной винтаризации, что увеличивает вес бурового комплекса и соответственно осадку, ограничивая применение глубинами от 8—10 м.

Шельф арктических морей США

Условия работы на шельфе Чукотского моря в значительной мере схожи с условиями российской Арктики. Решения по заглублению устьевого оборудования ниже уровня грунта или, например, подходы к организации управления ледовой обстановкой могут быть адаптированы к российским условиям. Вместе с тем оставшийся после буровой кампании 2012—2015 гг. флот буровых установок мог бы применяться на шельфе России только со значительными ограничениями по ледовым условиям и температурному режиму. При длительности сезона в 90 дней, необходимой для бурения и испытания одной неглубокой поисковой скважины, минимальные температуры в восточной части российской Арктики будут ниже -20°C , на что рассчитаны использовавшиеся на шельфе США буровые установки. С понижением температур не рассчитанный на эксплуатацию в холоде металл становится хрупким и не способен выдерживать внешние нагрузки, при этом винтаризация старого корпуса часто недопустима или обходится дороже, чем строительство нового.

Проектирование и производство всех основных металлоконструкций ЛМБУ для России следует проводить в соответствии с международными стандартами DNVGL-RU-OU-0101, ISO 19906:2019 и отечественными требованиями Российского морского регистра судоходства к стальным конструкциям, рассчитанным на эксплуатацию при минимальной температуре окружающей среды до $-40\text{...}-45^{\circ}\text{C}$.

Шельф Гренландии и восточное побережье Канады

Шельф Гренландии характеризуется длительным безледовым сезоном, в течение которого в акватории могут появляться единичные айсберги, контакта с которыми можно гарантированно избежать при использовании системы управления ледовой обстановкой.

Акватория вблизи восточного побережья Канады, которая известна способными устоять после контакта с айсбергами ледостойкими платформами Хайберния и Хеброн, является незамерзающей. Единичные айсберги, приходящие от берегов Гренландии, безошибочно отслеживаются, и при необходимости корректируется траектория их движения. В российской Арктике можно использовать подходы к мониторингу и физическому воздействию на крупные ледяные образования, вместе с тем движение айсбергов в акватории морей российской Арктики происходит не только в открытой воде, но и в ледяном поле, что затрудняет их обнаружение. При этом траектория движения крупных ледяных образований может не совпадать с направлением движения ледяных полей, что затрудняет прогнозирование перемещения айсбергов и дрейфующих ледяных массивов с течением времени.

Решения для бурения в российской Арктике и на Дальнем Востоке

Арктический шельф России отличается от шельфа Гренландии и Северной Америки рядом условий. Но создание буровых установок для наших акваторий, способных противостоять ледовым нагрузкам и охватывать необходимый диапазон глубин, технически возможно. При этом важно учитывать, что универсального решения для всего спектра условий эксплуатации не существует — охват диапазона глубин от 20 до 300 м требует использования морских буровых установок различных типов, каждый из которых имеет собственные ограничения по глубине моря, внешним нагрузкам и условиям морской транспортировки. Важной задачей является обеспечение в отрасли долгосрочного спроса на ГРП. Так, на этапе строительства морская буровая установка для разведочного бурения в Арктике для достижения окупаемости должна быть обеспечена работой на 7—10-летнюю перспективу с учетом возможных глубин ее применения, ограничений по ледостойкости, возможности оперативной транспортировки между точками бурения, в том числе между акваториями разных морей.

Активная морская геологоразведка на шельфе Сахалина позволила создать в 1980-х годах флот морских буровых установок, который использовался для геологоразведки в Охотском, Баренцевом и Карском морях, с их помощью было открыто большинство введенных и вводимых в эксплуатацию шельфовых месторождений Российской Федерации. Однако вместе с распадом СССР были сокращены ГРП на российском шельфе, большая часть флота была распродана и успешно работает на мировом рынке по сей день.

Идеи относительно строительства ледостойких буровых установок в современной России возникали несколько раз:

- В середине 2000-х годов рассматривалась возможность строительства ледостойкого бурового

судна для освоения совместного проекта «British Petroleum plc.» и ПАО «Роснефть» в Охотском море, однако из-за отсутствия долгосрочного спроса эта идея осталась лишь идеей.

- В конце 2000-х — начале 2010-х годов в составе ПАО «Газпром» спроектирован и построен собственный буровой флот. Построенные полупогружные буровые установки имеют корпус, способный выдерживать контакт с небольшими ледяными образованиями в процессе транспортировки, однако на работу в условиях нагрузок ледяного поля они не рассчитаны. Из рабочего проекта СПБУ «Арктическая» исключили сплошные ледостойкие цилиндрические опоры, замененные на ферменные конструкции, которые позволили использовать СПБУ на глубинах до 100 м.
 - В первой половине 2010-х годов в интересах «Exxon Mobil Corp.» и ПАО «Роснефть» выполнены предпроектные работы, в рамках которых были изучены все отраслевые концепции буровых установок для работы в ледовых условиях. В работе приняли участие такие известные инженеринговые компании, как «Kvaerner ASA», «A.P. Moller-Maersk», «Keppel FMC», «GVA Consultants», «Huisman Equipment B.V.», «Sevan SSP», «GustoMSC (an NOV company)», «Ulstein Group» и др. Эта масштабная работа приостановилась в 2014 г. с появлением санкционных ограничений.
 - Отдельные предпроектные работы выполнялись также российскими инженерами Крыловского государственного научного центра, АО «ЦКБ МТ “Рубин”», АО «ЦКБ “Коралл”» и других подведомственных АО «ОСК» компаний.
 - В 2019 г. по инициативе, заказу и под руководством ПАО «Газпром нефть» выполнено комплексное исследование с широким охватом и фокусом не на подготовленные кем-либо концепции, а на принципиальные физические ограничения и основные технические решения, свойственные каждому из возможных типов морских буровых установок. Также рассмотрен широкий круг смежных технических направлений, таких как организация логистики, управление ледовой обстановкой, защита устьев морских скважин, средства спасения персонала в ледовых условиях, решения по ликвидации разливов и т. д. Выводы работы, с одной стороны, декларируют технологическую осуществимость создания буровых установок, способных бурить в ледовых условиях, с другой стороны, указывают на дефицит гарантированного долгосрочного спроса, необходимого для коммерциализации строительства новых дорогостоящих буровых установок в рамках одной компании.
- В настоящее время для продолжения работ по созданию буровой установки, способной работать в ледовых условиях, сформирована межведомственная рабочая группа под совместным кураторством Минэнерго и Минвостокразвития России. Ее задачей является консолидация накопленного в стране



Рис. 1. Ледостойкое буровое судно с дельтовидной формой корпуса
Fig. 1. Ice-class delta-shaped drilling vessel

опыта, чтобы сделать следующий шаг в создании буровой установки — перейти от концептуальных исследований к проектированию под конкретные задачи и реализацию долгосрочной программы буровых работ в российской Арктике.

В рамках рабочей группы определены наиболее экономически эффективные и технически осуществимые на базе отечественных производственных мощностей концепции ледостойких мобильных буровых установок.

Основные критерии оценки по каждому из проектов:

- предварительная полная оценочная стоимость;
- производственная логистика как на стадии строительства, так и на стадии эксплуатации буровой установки на шельфе Арктики;
- процент охвата акваторий участков под разведочное бурение каждым из проектов;
- время и условия автономности каждого проекта;
- риски отсутствующих в данный момент конструктивных и технологических решений по каждому из проектов;
- адаптивность проектов к большому числу возможных условий бурения в Арктике.

По результатам исследовательской и аналитической работы определены три наиболее технологически перспективных проекта буровых установок для разведочного и эксплуатационного бурения в ледовых условиях арктического шельфа России и на шельфе Дальнего Востока России с условиями работы, аналогичными Арктике. Для каждого проекта разработаны основные технические требования.

В первую очередь все морские буровые установки должны быть рассчитаны на минимальные температуры эксплуатации $-40...-45^{\circ}\text{C}$ и на определенный уровень ледовых нагрузок, отличный для каждого проекта. Ниже остановимся на каждом из этих проектов.

Ледостойкое буровое судно с дельтовидной формой корпуса

Это судно (рис. 1) с общей энергетической установкой мощностью не менее 30 МВт будет способно передвигаться своим ходом в открытой воде со скоростью до 15 уз. Конструкция корпуса судна класса не ниже Arc7 в соответствии с классификацией Российского морского регистра судоходства обеспечит возможность плавания при проводке ледоколом в однолетних арктических льдах толщиной до 2 м в зимне-весеннюю навигацию, а также технологический отстой и дрейф судна в льдах большей толщины.

Для создания возможности бурения в однолетнем ровном льду толщиной до 1,4 м и сформированных из него торошенных полях для целей флюгирования разработана система якорного удержания турельного типа с возможностью экстренного отсоединения в течение 15 мин. Продолжается проработка решений, позволяющих исключить разлив нефтепродуктов при экстренном отсоединении в случае превышения глобальных ледовых нагрузок и срыва судна с точки.

Дельтовидный корпус судна выбран исходя из задач обеспечения пассивного флюгирования судна, что позволяет осуществить поворот носом навстречу движению льда за счет формы корпуса



Рис. 2. Ледостойкая самоподъемная буровая установка
Fig. 2. Ice-resistant jack-up drilling rig

без необходимости активной работы двигателей. Дельтовидный корпус за счет короткого борта также позволяет снизить риск срыва с точки при боковой нагрузке. За счет этих особенностей становятся возможны значительное уменьшение потребления необходимого для удержания на точке топлива, уменьшение габаритов и материалоемкости при сохранении автономности судна до 100 сут.

Данное концептуальное решение применимо для глубин моря от 60 до 1000 м, продолжительность операционного сезона составит от 26 нед в сложных ледовых условиях восточной Арктики до 46 нед в акваториях сезонно-замерзающих морей западной Арктики и Дальнего Востока.

Концептуальный проект судна создан АО «ЦКБ «Коралл»» совместно с ОАО «ЦКБ МТ «Рубин»» [9], дальнейшие предпроектные работы предполагают оптимизацию технологического облика дельтовидного ледостойкого бурового судна, проработку конструкции турели для снятия ограничений по флюгированию, верификацию возможностей сопротивления ледовым нагрузкам за счет проведения модельных испытаний в ледовом бассейне новой модели в соответствии с заданными техническими требованиями. Также будет выполнена оценка потенциала применения системы динамического позиционирования для расширения диапазона глубин эксплуатации и дополнения системы якорного позиционирования в целях повышения безопасности работ.

Полная оценочная стоимость проекта составляет от 700 до 900 млн долл. в зависимости от технологического насыщения ЛМБУ.

Ледостойкая самоподъемная буровая установка

Трехопорная ледостойкая СПБУ (рис. 2) предназначена для глубин моря 10—80 м, обеспечивает операционный сезон от 21 нед в сложных ледовых условиях восточной Арктики до 40 недель в акваториях сезонно-замерзающих морей западной Арктики и Дальнего Востока, предельные ледовые нагрузки при глубине 40 м соответствуют ровному ледовому полю толщиной до 1 м и сформированным из него торошеным полям, при глубине 60 м — до 0,8 м, при глубине 80 м — до 0,6 м соответственно. С ростом глубины способность СПБУ противодействовать ледовым нагрузкам падает.

Концептуальный проект СПБУ разработан АО «ЦКБ «Коралл»», запланированные предпроектные работы предусматривают верификацию устойчивости буровой установки и ее конструктивных элементов (включая опоры и защиту райзера) к ледовым нагрузкам, в том числе в рамках модельных испытаний в ледовом бассейне, возможность снятия СПБУ с точки бурения при различных ледовых условиях с применением и без применения транспортного судна.

Для круглогодичной транспортировки ледостойкой СПБУ в покрытых льдом акваториях необходимо транспортное судно класса Arc7 (heavy lift vessel). Возможно использование СПБУ без транспортного судна, но в этом случае функционал СПБУ будет незначительно расширен по сравнению со стандартными существующими проектами, например СПБУ «Арктическая». Транспортное судно (heavy lift vessel) может использоваться как самостоятельное



Рис. 3. Погружная буровая установка
Fig. 3. Submersible drilling rig

решение, применимое для транспортировки по Северному морскому пути любых крупногабаритных грузов и буровых платформ других типов. Дальнейшие предпроектные работы предполагают уточнение технологического облика и проработку процедур погрузки и разгрузки в ледовых условиях.

Предварительная оценочная стоимость строительства ледостойкой СПБУ составляет от 400 до 500 млн долл., для эффективной работы СПБУ в ограниченной ледовой обстановке в обязательном порядке необходимо создать полупогружное ледостойкое транспортное судно грузоподъемностью от 50 000 тыс. т, стоимость которого оценивается в 200—250 млн долл.

Погружная буровая установка (ПБУ)

Погружная буровая установка (рис. 3) является решением для глубин моря от 20 до 60 м и может обеспечить круглогодичный операционный сезон во льдах толщиной 3 м и более. Дальнейшие предпроектные работы предполагают уточнение технологического облика ПБУ для устранения ограничений по буксировке и всплытию, отрыва от дна за счет доработки проектных решений АО «ЦКБ “Коралл”» с возможным привлечением отечественных и иностранных инжиниринговых компаний.

Диапазон глубин в 20—60 м обеспечивается только за счет использования составной конструкции установки при возможности эксплуатации верхнего строения отдельно от затапливаемых проставок. Верхнее строение с буровым комплексом в этом случае не будет ограничено доступным для буксирования сезоном за счет возможности его транспортировки на полупогружном транспортном

ледостойком судне. Проставки представляют собой железобетонные полностью погружные донные конструкции, на которые можно устанавливать верхнюю стальную секцию буровой установки с буровым, энергетическим и жилым комплексами.

Проект погружной буровой установки при любом из существующих в мире и России концептуальных вариантов оценивается в сумму от 1000 до 1200 млн долл.

Флот сопровождения

В рамках работы рассмотрены российские компетенции в области судостроения в части их применения к проектам ГРП на море. Разработаны планы по минимальному необходимому количеству судов для различных районов в Арктике и на Дальнем Востоке в зависимости от удаленности от материковой развитой инфраструктуры. Предварительно, на стадии технических требований, подобраны класс и характеристики судов.

Несамоходные погружная и самоподъемные ЛМБУ могут буксироваться, но во льдах эта сложная операция ограничена и по скорости, и по сезону, и если речь заходит об отдаленных районах, то целесообразно становится использовать суда для сухой транспортировки (heavy lift vessel). Рынок транспортных судов с грузоподъемностью от 20 тыс. т в мире очень ограничен, они широко востребованы на международном рынке, а ледоусиленные решения имеют потенциал эффективного использования на Северном морском пути. Таким образом, ледоусиленное судно для сухой транспортировки может рассматриваться как проект с собственным потенциалом коммерциализации.

На рынке ограниченное количество доступных для аренды судов с ледовым классом выше Arc5, способных сопровождать буровые операции в восточной Арктике. Существующий ледоусиленный флот в основном обслуживает проекты, под которые он строился, и недоступен для аренды, а численность сдающихся в аренду судов допускает одновременное бурение только одной скважины. С появлением буровых установок, выполняющих бурение во льдах, возникает вопрос дефицита соответствующего требованиям судов флота сопровождения. По мере увеличения длительности прохождения транспортного плеча становятся эффективными решения по применению плавучих баз, способных сократить потребность во флоте, курсирующем между береговой базой и буровой установкой.

Любое из трех обозначенных решений по проекту ЛМБУ требует наличия флота обеспечения класса не ниже Arc5 или Arc7 в зависимости от района бурения — судов различных характеристик и назначения:

- аварийно-спасательное судно (ASS) — 1 единица;
- транспортно-буксирное судно (АНТС) — 2 единицы;
- судно обеспечения мобильной буровой платформы (PSV) — не менее 2 единиц, количество зависит от транспортного плеча и уровня автономности мобильной буровой установки

Для работ в отдаленных регионах, где количество PSV превышает 5 единиц, целесообразно создать мобильную базу обеспечения (МБО): при ставке в 2,5—3 раза выше, чем у PSV, МБО заменяет все PSV кроме двух в обязательном составе флота.

В настоящее время Минпромторг России реализует государственную программу «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013—2030 годы». При реализации проекта ЛМБУ для разведочного бурения Минэнерго, Минпромторгу и Минвостокразвитию России в рамках данной программы можно будет совместно разработать и реализовать проект единой технической политики по подготовке флота для планируемых ЛМБУ с расчетом использования при разведочном бурении, а также с учетом потенциала дальнейшего использования при обустройстве и эксплуатации месторождений на российском шельфе.

При формировании системы поисково-спасательного обеспечения морской деятельности в Арктической зоне стоит учитывать основные требования к аварийно-спасательным судам, которые потребуются привлечь к освоению арктического шельфа России в ближайшие несколько лет [10]. Аварийно-спасательное судно для обеспечения разведочного бурения в Арктике должно иметь ледовый класс Icebreaker 7 и оборудоваться для выполнения следующих задач:

- поиск людей на воде и на льду;
- эвакуация персонала с ЛМБУ или судов обеспечения;
- оказание медицинской помощи;

- борьба с пожарами и водой на ЛМБУ и судах обеспечения;
- обеспечение подводно-технических работ на ЛМБУ (водолазные комплексы, необитаемые подводные аппараты);
- ликвидация разливов нефти;
- буксировка и снятие объектов с мели;
- участие в управлении ледовой обстановкой вокруг ЛМБУ.

Также необходимо проработать вопрос альтернативных средств спасения и эвакуации персонала во льдах и при экстремальных температурах, таких как суда на воздушной подушке, двухзвенные вездеходы, шнекороторные вездеходы и иные типы вездеходных спасательных средств.

Дорожная карта реализации проекта ЛМБУ для разведочного бурения

В результате комплексной работы по разработке проекта обеспечения возможности разведочного бурения на шельфе Арктики и Дальнего Востока предварительно определено несколько этапов работы.

Первоочередным планируемым шагом является разработка предпроектной документации комплексного проекта ледостойкой мобильной буровой установки для разведочного и эксплуатационного бурения скважин на стадии предпроектных работ (стадия pre-FEED).

Основные работы в рамках первого предпроектного этапа работ по ЛМБУ охватывают следующие целевые направления:

1. Проект самоходной ЛМБУ для глубин моря от 60 до 1000 м с ограничением по ледовым условиям. Ледостойкое буровое судно с дельтовидной формой корпуса, оборудованное турельной системой удержания и системой динамического позиционирования (опция). Судно предназначено для круглогодичного или сезонного бурения в условиях Арктики в зависимости от района применения и текущих ледовых условий в точке бурения.

2. Проект самоподъемной ЛМБУ для глубин моря от 10 до 80—100 м с ограничением по ледовым условиям. Самоподъемная плавучая буровая установка на трех цилиндрических опорах, буксируемая или транспортируемая на полупогружном транспортном ледостойком судне или барже.

3. Проект погружной ЛМБУ для глубин моря от 10 до 60 м без ограничений по ледовым условиям с ограничениями по сезону буксирования. Гравитационная буровая установка для круглогодичного бурения в Арктике вне зависимости от ледовой и климатической обстановки в районе бурения. Диапазон глубин в 10—60 м обеспечивается только за счет составной конструкции при возможности эксплуатации верхнего строения отдельно от затопливаемых проставок. Расширение доступного для транспортировки сезона возможно за счет транспортировки на полупогружном транспортном ледостойком судне.

4. Единый проект бурового комплекса, идентичный по составу для всех трех типов ЛМБУ.

5. Полупогружное транспортное ледостойкое судно.

6. Состав флота обеспечения.

7. Верфь (верфи) для строительства ЛМБУ и флота обеспечения и дальнейшего прохождения обслуживания и ремонта на территории Российской Федерации.

В настоящее время ЛМБУ для разведочного бурения в России требуется ПАО «Газпром», ПАО «Газпром нефть», ПАО «НК «Роснефть» для реализации планов по строительству поисково-разведочных скважин в рамках действующих лицензий на арктическом и дальневосточном шельфе. ЛМБУ будет необходима и нефтегазодобывающим компаниями ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «НОВАТЭК» и другим возможным участникам освоения шельфа Арктики и Дальнего Востока. В ближайшее время целесообразно создать отраслевую программу разведки арктического региона до 2035 г.

Первый этап работ по подготовленному плану необходимо и возможно завершить за 12—18 мес. Реализация всех трех проектов необходима в Российской Федерации в среднесрочной перспективе, до 2030 г. На основании результатов предпроектной стадии работ по ЛМБУ будет определена приоритетность реализации каждого проекта, в том числе на основании консолидированной программы бурения, глубин и ледовой обстановки в планируемых районах буровых работ. Также требуют учета технические возможности и компетенции отечественных производителей оборудования, оснащенность и готовность верфей и производственных площадок. При оптимистичных сроках реализации проекта первую ЛМБУ можно будет ввести в эксплуатацию не ранее 2025 г.

Проект создания ЛМБУ комплексный и требует вовлечения в работу большого числа институтов и федеральных органов власти, частных компаний, ограниченного привлечения иностранных партнеров для развития смежных технологических компетенций и единой технической политики отраслей ТЭК [11], а именно:

- Производство бурового оборудования — автоматизированный буровой комплекс грузоподъемностью 750—900 т с автономной и адаптивной системой управления, аналогичной планируемому к разработке наземному цифровому буровому комплексу — буровой установке БУ 2.0 [12].
- Технология бурения скважин — создание оптического пластоиспытателя, отечественная технология бурения на обсадных трубах, бурение с управляемым давлением, развитие систем каротажа в процессе бурения с передачей данных на поверхность со скоростью от 100 бит/с, разработка противовыбросового оборудования и др. [10].
- Металлургический комплекс — разработка, сертификация и внедрение в производство арктических сталей для создания основных металлоконструкций.

- Системы связи и передачи данных на высоких широтах, удаленный мониторинг ледовой обстановки.
- Химико-технологический комплекс — разработка композитных, резинотехнических, полимерных материалов для применения на ЛМБУ, создание бетона для применения в ледостойком поясе погружной буровой установки.
- От судостроительной промышленности потребуется создание соответствующего задачам ЛМБУ флота обеспечения с функциями управления ледовой обстановкой, ликвидации разливов, спасения персонала, судовых систем динамического позиционирования, якорной системы удержания турельного типа и др. Также необходимы строительство и модернизация существующей инфраструктуры для строительства ЛМБУ и в дальнейшем добычных комплексов для освоения арктического шельфа России, в том числе необходим сухой док с ориентировочными габаритами не менее 270×80×14 м. Целесообразно рассмотреть возможность создания по аналогии с военной приемкой специальной комиссии по государственной приемке результатов проектов, выполняемых при государственном финансировании. Такая комиссия может состоять из представителей компаний-разработчиков, федеральных органов исполнительной власти, потребителей проектных решений и независимых экспертов.

Заключение

Согласно текущим оценкам широкомасштабные программы по эксплуатационному бурению на шельфе Арктики не появятся в следующие 15 лет из-за существенного потенциала разработки наземных нефтегазовых месторождений, отсутствия полного спектра необходимых отечественных технологий для осуществления круглогодичной добычи и прежде всего из-за низкой геологической изученности перспективных нефтегазовых провинций на шельфе. Нарастивание ГРП в ближайшие несколько лет, в том числе программное, а не выборочное бурение поисковых и разведочных скважин является ключевым фактором, обеспечивающим успешное долгосрочное планирование развития экономики страны в период после 2035 г. и социально-экономический рост Арктики и Дальнего Востока.

Реализация проекта ледостойкой мобильной буровой установки для разведочного бурения по созданной дорожной карте вместе с развитием смежных направлений позволит обеспечить планируемые показатели по добычи нефти и газа в России после 2035 г. и создаст конструкторскую, производственную и технологическую базу для промышленной разработки нефтегазовых ресурсов шельфа Арктики и Дальнего Востока.

По результатам комплексных исследований выбраны три основных концептуальных проекта буровых комплексов для осуществления предпроектного этапа работ. Исследования включали в том числе детальный количественный анализ ледовой обста-

новки и батиметрии в планируемых районах бурения. Сделаны выводы, что для реализации возможности проведения ГРП по всем перспективным областям на шельфе Арктики и Дальнего Востока требуются два принципиально различных по конструкции буровых комплекса: для глубин от 10 до 60—80 м и для глубин от 60—80 до 500 м. Причем оба направления развития в настоящее время равнозначны по ожидаемому экономическому эффекту от применения, затратам на реализацию и по масштабу перекрытия перспективных площадей проведения буровых работ.

Литература

1. Ежегодный прогноз 2019 / Организация стран — экспортеров нефти. — URL: <https://woo.opec.org/index.php>.
2. Варламов А. И., Афанасенков А. П. Ресурсный потенциал и перспективы освоения Арктической зоны Российской Федерации // Гос. аудит. Право. Экономика. — 2017. — № 1. — С. 79—87.
3. Астафьев Д. А., Толстиков А. В., Наумова Л. А., Кабалин М. Ю. Перспективные направления газонефтепоисковых работ на морском шельфе России в XXI веке // Вести газовой науки. — 2018. — № 4 (36). — С. 4—18.
4. Мельников П. Н., Скворцов М. Б., Кравченко М. Н. и др. ГРП в Арктике: ресурсный потенциал и перспективные направления // Neftegaz.RU. — 2020. — № 1 (97). — С. 22—30.
5. Нефтегазовый клондайк Арктики / Центр. диспетч. упр. топливно-энергет. комплекса — филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. 14.02.2019. — URL: http://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2018/12/545/.
6. Думанская И. О. Ледовые условия морей европейской части России. — Москва; Обнинск: ИГСОЦИН, 2014. — 608 с.
7. Думанская И. О. Ледовые условия морей азиатской части России. — М.: Социн, 2017. — 637 с.
8. Аналитические материалы ЦКТР ТЭК ФГБУ «РЭА» Минэнерго России.
9. Патент РФ № 2013145192/11, 08.10.2013. Ледостойкая плавучая буровая установка для шельфа арктических морей // Патент России № 137539. 20.02.2014 Бюл. № 5 / Ковалев М. В., Кольченко Л. В., Мишин В. Б., Ажищев И. А., Мегрецкий К. В., Кашкатенко Г. В.
10. Илюхин В. Н. Актуальные аспекты развития судов аварийно-спасательного флота в Арктике // Арктика: экология и экономика. — 2019. — № 2 (34). — С. 97—108. — DOI: 10.25283/2223-4594-2019-2-97-108.
11. Жданев О. В., Чубоксаров В. С. Техническая политика нефтегазовой отрасли России: задачи и приоритеты // Энергет. политика. — 2020. — № 5 (147). — С. 76—91. — DOI: 10.46920/2409-5516_2020_5147_76.
12. Жданев О. В., Фролов К. Н. О приоритетных направлениях развития буровых технологий в России // Нефтяное хоз-во. — 2020. — № 5. — С. 42—48. — DOI: 10.24887/0028-2448-2020-5-42-48.

Информация об авторах

Жданев Олег Валерьевич, кандидат физико-математических наук, руководитель Центра компетенций технологического развития ТЭК, ФГБУ «Российское энергетическое агентство», Минэнерго России (129085, Россия, Москва, просп. Мира, 105/1), e-mail: Zhdaneev@rosenergo.gov.ru.

Фролов Константин Николаевич, директор проекта, Центр компетенций технологического развития ТЭК, ФГБУ «Российское энергетическое агентство», Минэнерго России (129085, Россия, Москва, просп. Мира, 105/1), e-mail: Frolov@rosenergo.gov.ru.

Коньгин Андрей Евгеньевич, начальник отдела концептуального проектирования, ООО «Газпром нефть шельф» (191186, Россия, Санкт-Петербург, Невский просп., 38/4), e-mail: konygin.ae@gazprom-neft.ru.

Гехаев Магомед Русланович, заместитель генерального директора по развитию шельфовых проектов, АНО «Агентство Дальнего Востока по привлечению инвестиций и поддержке экспорта», Минвостокразвития России (123112, Россия, Москва, Пресненская наб., 12, Москва Сити, МФК «Федерация (башня Восток)»), e-mail: m.gekhaev@investvostok.ru.

Библиографическое описание данной статьи

Жданев О. В., Фролов К. Н., Коньгин А. Е., Гехаев М. Р. Разведочное бурение на арктическом и дальневосточном шельфе России // Арктика: экология и экономика. — 2020. — № 3 (39) — С. 112—125. — DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-112-125.

EXPLORATION DRILLING ON THE RUSSIAN ARCTIC AND FAR EAST SHELF

Zhdaneev O. V., Frolov K. N.

Russian Energy Agency of Ministry of Energy of the Russian Federation
(Moscow, Russian Federation)

Konygin A. E.

Gazprom Neft Shelf LLC (St. Petersburg, Russian Federation)

Gekhaev M. R.

Far East Investment and Export Agency of Ministry for the Development
of the Russian Far East and Arctic (Moscow, Russian Federation)

The article was received on May 30, 2020

Abstract

The article considers the possibilities and limitations when solving the task of year-round exploratory drilling at sea in the extreme conditions of the Russian Arctic. The authors substantiate the necessity of maintaining the pace of geological survey in oil and gas provinces of the Arctic and Far East followed by prospect drilling. They outline prospects of production drilling and shelf production projects in the Northern and Far Eastern seas of Russia. The authors conclude why the task of extending the drilling season in the Arctic, up to ensuring year-round operations depending on the region, due to be solved in the next five years by implementing the domestic project to create an ice-resistant mobile drilling rig. The researchers have investigated the depths of licensed areas and all oil-and-gas promising structures in the Arctic and Far East of Russia, as well as analyzed ice and climatic conditions. They have evaluated the project costs, the sequence of their implementation in conformance with the needs of the state, the availability of technological solutions and environmental risks.

Keywords. *exploratory drilling at sea, ice-resistant mobile drilling rig, continental shelf, Arctic zone of the Russian Federation, Far East of Russia, bathymetry, ice conditions*

References

1. Ezhegodnyi prognoz 2019. [World Oil Outlook 2019]. Organizatsiya stran — eksporterov nefi. Available at: <https://wo.opec.org/index.php>. (In Russian).
2. Varlamov A. I., Afanasenkov A. P. Resursnyi potentsial i perspektivy osvoeniya Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii. [Resource potential and prospects of the Arctic zone of the Russian Federation]. Gos. audit. Pravo. Ekonomika, 2017, no. 1, pp. 79—87. (In Russian).
3. Astaf'ev D. A., Tolstikov A. V., Naumova L. A., Kabalin M. Yu. Perspektivnye napravleniya gazoneftepoyiskovykh rabot na morskoy shel'fe Rossii v XXI veke. [Promising XXI-century trends of oil and gas prospecting offshore Russia]. Vesti gazovoi nauki, 2018, no. 4 (36), pp. 4—18. (In Russian).
4. Mel'nikov P. N., Skvortsov M. B., Kravchenko M. N., Agadzhanyants I. G., Grushevskaya O. V., Uvarova I. V. GRR v Arktike: resursnyi potentsial i perspektivnye napravleniya. [Geologic exploration activities in the Arctic: resource potential and upcoming trends]. Neftegaz.RU, 2020, no. 1 (97), pp. 22—30. (In Russian).
5. Neftegazovyi klondaik Arktiki. [Arctic Oil and Gas Klondike]. Tsent. dispetch. upr. toplivno-energet. kompleksa — filial FGBU "REA" Minenergo Rossii. 14.02.2019. Available at: http://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2018/12/545/. (In Russian).
6. Dumanskaya I. O. Ledovye usloviya morei evropeiskoi chasti Rossii. [Ice conditions of the seas of the European part of Russia]. Moscow, Obninsk, IG-SOTsIN, 2014, 608 p. (In Russian).
7. Dumanskaya I. O. Ledovye usloviya morei aziatskoi chasti Rossii. [Ice conditions of the seas of the Asian part of Russia]. Moscow, Sotsin, 2017, 637 p. (In Russian).
8. Analiticheskie materialy TsKTR TEK FGBU "REA" Minenergo Rossii. [Analytical materials of Technology Development Competence Office for Fuel and Energy Industry of the Ministry of Energy of Russia]. (In Russian).
9. Patent RF № 2013145192/11, 08.10.2013. Ledostoikaya plavuchaya burovaya ustanovka dlya shel'fa arkticheskikh morei // Patent Rossii № 137539. 20.02.2014. [Ice-resistant floating drilling rig for the shelf of the Arctic seas. Patent of Russia № 137539. 02.20.2014]. Byul. № 5. Kovalev M. V., Kol'chenko L. V., Mishin V. B., Azhishchev I. A., Megretskii K. V., Kashkatenko G. V. (In Russian).
10. Ilyukhin V. N. Aktual'nye aspekty razvitiya sudov avariino-spatatel'nogo flota v Arktike. [Current view on the development of emergency rescue fleet vessels in the Arctic]. Arktika: ekologiya i ekonomika, 2019, no. 2 (34), pp. 97—108. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-2-97-108. (In Russian).
11. Zhdaneev O. V., Chubokсарov V. S. Tekhnicheskaya politika neftegazovoi otrasli Rossii: zadachi i

priority. [Technical policy of the oil and gas industry in Russia: tasks and priorities]. Energet. politika, 2020, no. 5 (147), pp. 76—91. DOI: 10.46920/2409-5516_2020_5147_76. (In Russian).

12. Zhdaneev O. V., Frolov K. N. O prioritnykh napravleniyakh razvitiya burovnykh tekhnologii v Rossii. [Drilling technology priorities in Russia]. Neftyanoe khoz-vo, 2020, no. 5, pp. 42—48. DOI: 10.24887/0028-2448-2020-5-42-48. (In Russian).

Information about the authors

Zhdaneev Oleg Valerievich, PhD of Physical and Mathematical Sciences, Head of Technology Development Competence Office for Fuel and Energy Industry, Russian Energy Agency of Ministry of Energy of the Russian Federation (105/1 Mira ave, Moscow, Russia, 129085), e-mail: Zhdaneev@rosenergo.gov.ru.

Frolov Konstantin Nikolaevich, Project Director of Technology Development Competence Office for Fuel and Energy Industry, Russian Energy Agency of Ministry of Energy of the Russian Federation (105/1 Mira ave, Moscow, Russia, 129085), e-mail: Frolov@rosenergo.gov.ru.

Konygin Andrei Evgenievich, Head of Concept Design Office, Gazprom Neft Shelf LLC (38/4 Nevsky ave, Saint-Petersburg, Russia, 191186), e-mail: konygin.ae@gazprom-neft.ru.

Gekhaev Magomed Ruslanovich, Deputy CEO for Shelf Projects Development, Far East Investment and Export Agency of Ministry for the Development of the Russian Far East and Arctic (Federation Tower East, 12, Presnenskaya nab., Moscow City, "Federation (Vostok tower)", Moscow, Russia, 123100), e-mail: m.gekhaev@investvostok.ru.

Bibliographic description

Zhdaneev O. V., Frolov K. N., Konygin A. E., Gekhaev M. R. Exploration drilling on the Russian Arctic and Far East shelf. Arctic: Ecology and Economy, 2020, no. 3 (39), pp. 112—125. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-112-125.

© Zhdaneev O. V., Frolov K. N., Konygin A. E., Gekhaev M. R., 2020