

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/8_2020

УДК 622.276.003.1(571.121+268.52)

Маммадов С.М., Холодилов В.А.ООО «НьюТек Сервисез», Москва, Россия, smammadov@nt-serv.com**Жуков О.В.**ООО «Газпром флот», Санкт-Петербург, Россия, zukov@gazflot.ru**Баюро К.А.**ООО «Газпром геологоразведка», Тюмень, Россия, k.bayuro@gmail.com

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Рассмотрены предложения по совершенствованию организационно-экономического механизма для повышения эффективности геологоразведочных работ при формировании морского газодобывающего комплекса на арктическом шельфе Российской Федерации. Представлены результаты анализа сырьевой базы региона в масштабах Арктической зоны Российской Федерации и страны в целом. На основе данных по стратегическому развитию компании ПАО «Газпром» показаны базовые месторождения, являющиеся наиболее разведанными и ресурсообразующими для начала промышленной эксплуатации: Крузенитернское газоконденсатное, расположенное частично на суше, частично в пределах акватории Карского моря, и Ленинградское – полностью расположенное в акваториальной части. С учетом имеющегося опыта работы российских компаний в условиях Арктики предложена концептуальная схема формирования промышленного морского газодобывающего комплекса и описаны его структурные элементы. Предложенный организационно-экономический механизм детализирует комплекс геологических мероприятий и процесс строительства скважин. Эффективность предлагаемых мер определена на основе модельных расчетов, и её показатели сведены в аналитическую таблицу. В соответствии с полученными значениями предлагаемые к реализации механизмы способствуют проведению эффективных разведочных работ на Ленинградском газоконденсатном месторождении.

Ключевые слова: организационно-экономический механизм, геологические и экономические критерии эффективности геологоразведочных работ, газоконденсатные месторождения, строительство скважин на шельфе, Западно-Арктический шельф Российской Федерации.

Западно-Арктический шельф обладает уникальной ресурсной базой газа, открытые газоконденсатные месторождения (ГКМ) которого находятся на стадии разведочного бурения. Суровость климата, сложность строения геологического разреза, наличие в придонной его части многолетнемерзлых отложений, отсутствие достаточного количества отечественных мобильных буровых установок (МБУ) сдерживают темпы разведки ГКМ на шельфе Арктики.

Согласно проведенной ФГУП «ВНИГНИ» количественной оценки углеводородного (УВ) ресурсного потенциала России объем извлекаемых прогнозных ресурсов нефти, природного газа и конденсата в пределах арктического шельфа составляет порядка 100 млрд. т

[Геологическое строение..., 2011; Каминский, Супруненко, Смирнов, 2014; Каспаров, 2019; Прищепа, Нефедов, Григорьев, 2019; Прищепа, 2016; Прищепа, Меткин, Боровиков, 2019]. Указанный объем ресурсов распределён весьма неравномерно: основная их часть приходится на западно-арктические моря (Карское и Баренцево) – более 88%, обладающие на сегодняшний день наибольшей геологической изученностью. Здесь открыты и находятся в разведке уникальные и крупные месторождения нефти и газа, такие как Штокмановское, Приразломное, Ленинградское и другие. Одна из важнейших особенностей арктического шельфа является преобладание газовой составляющей: на долю газа приходится более 84% ресурсного потенциала, а доля нефти и конденсата - оставшиеся 15%. Компания ПАО «Газпром» в последние 20 лет является флагманом при проведении морских геологоразведочных работ (ГРП) и дальнейшей подготовке ГКМ, расположенных в пределах Охотоморского и Баренцево-Карского шельфов. За этот период компанией приращено более 5 трлн. м³ газа, открыты новые газовые месторождения и залежи.



Рис. 1. Современное состояние сырьевой базы углеводородного сырья Арктической зоны Российской Федерации [Каспаров, 2019]

Тактически первоочередными объектами освоения на ближайшие годы могут стать ГКМ, обладающие уникальными запасами газа и расположенные в пределах приямальского шельфа Карского моря: Ленинградское и Русановское ГКМ. Эти месторождения являются наиболее привлекательными для освоения, поскольку находятся в стадии завершения разведкой и расположены вблизи п-ова Ямал, где в настоящее время уже ведется добыча газа на Бованенковском ГКМ. Одновременно с этим, район предполагаемых работ обустроен береговой инфраструктурой, которую можно будет использовать при разработке морских ГКМ, что позволит существенно оптимизировать затраты на их обустройство и удешевить

транспортировку газа за счет использования газопроводов на суше.

Однако при оценке экономической эффективности различных вариантов реализации проектов освоения Ленинградского и Русановского месторождений целесообразность их разработки представляется весьма неоднозначной. Так, согласно оценкам компании ПАО «Газпром», ни один из проектов не может быть успешно реализован в сложившихся макроэкономических рыночных условиях. При этом, наиболее привлекательным с точки зрения инвестирования является проект промышленного освоения Крузенштернского ГКМ, расположенного частично на суше, частично в пределах мелководной зоны Карского моря. Обустройство и реализация этого проекта позволит создать часть инфраструктуры, которая в дальнейшем может использоваться при освоении Ленинградского и других ГКМ приямальского шельфа. Таким образом, газосодержащие месторождения, расположенные в пределах морской части п-ова Ямал, будут, скорее всего, вводиться в промышленную эксплуатацию последовательно, путем постепенного создания крупного газодобывающего морского промышленного комплекса на основе кластерного подхода. Кластерный подход подразумевает более полное использование производственного, инфраструктурного, инновационного и финансового потенциалов в рамках освоения морских ГКМ, тем самым создание морского газодобывающего промышленного комплекса.

Формирование газодобывающего комплекса на основе кластерного подхода в пределах российского арктического шельфа является одним из важнейших элементов «Новой энергетической стратегии России на период до 2035 г.». Концепция формирования подобного комплекса может быть представлена в виде схемы (рис. 2).

Морской газодобывающий промышленный комплекс, функционирующий в пределах Западно-Арктического шельфа, будет основываться на базовых, в первую очередь, уникальных по запасам газосодержащих месторождениях, которые расположены в относительной близости друг от друга с общей инфраструктурой, необходимой для обеспечения бесперебойной круглогодичной работы.

Исходя из отечественного опыта реализации подобных крупномасштабных проектов в условиях Арктики (Ямал-СПГ), в состав проектируемого промышленного комплекса должны быть интегрированы сервисные предприятия, обеспечивающие процессы изучения и освоения месторождений, инновационная инфраструктура, включающая научные объединения и учебные заведения, специализирующиеся на подготовке узкопрофильных специалистов, финансово-кредитные организации, обеспечивающие поступление капитала, необходимого для реализации этапов проекта.



Рис. 2. Концептуальная схема газодобывающего промышленного комплекса в условиях морской части Арктики

Предлагаемый к формированию промышленный комплекс направлен на обеспечение системы устойчивых социально-экономических отношений между его стейкхолдерами, к числу которых относятся: компания – оператор проекта, компании – участники проекта, государство, общество, производители оборудования, материалов, поставщики. Системообразующим ядром комплекса являются крупномасштабные проекты промышленного освоения газовых месторождений, ввод в эксплуатацию которых определяется технико-экономическими показателями эффективности: ожидаемый объем годовой добычи, темп отбора запасов, значение ожидаемых величин коммерческой и бюджетной эффективности и проч.

Вместе с тем, существует ряд факторов, сдерживающих ускорение освоения ГКМ арктических морей, в том числе приамальского шельфа Карского моря: в первую очередь - это суровые природно-климатические условия (короткий межледовый период до 3 месяцев), затем высокая капиталоемкость строительства скважин (в 5-10 раз дороже, чем на суше) и отсутствие достаточного количества отечественных морских буровых установок.

На данный момент компанией ПАО «Газпром» в Карском море выполняется в год строительство не более двух скважин с помощью двух МБУ - полупогружной и самоподъемной буровых установок. Полупогружную буровую установку приходится арендовать в Китае, что сказывается на снижении эффективности разведочного бурения. Очень важно на стадии разведки строительство каждой скважины завершать в один буровой летний сезон (3-4 месяца с учетом мобилизации и демобилизации буровых установок). Выполненные технико-экономические расчеты показали, что, если не укладываться с завершением строительства разведочной морской скважины в один межледовый период с одной буровой установки (переносить ее строительство на следующий год), стоимость строительства скважины может увеличиться почти в два раза, что влечет за собой миллиарды рублей финансовых потерь. Кроме того, появляются дополнительные экологические риски. В период консервации незаконченной строительством скважины в случае полного разрушения устья крупными дрейфующими ледовыми телами может произойти потеря ствола начатой бурением скважины, а это огромные дополнительные затраты и увеличение сроков разведки ГКМ. Для круглогодичного бурения на арктическом шельфе РФ МБУ в ледовом исполнении в мире пока не существует, исключением является морская ледостойкая стационарная платформа «Приразломная».

Для создания конкурентоспособных условий освоения ГКМ Российского арктического шельфа необходимо выделить основные риски, возникающие при реализации нефтегазовых проектов и оценить их влияние на экономическую эффективность проектов. На этапе проведения ГРП инвестор несет риски потери существенных денежных средств,

обусловленных слабой изученностью арктического шельфа и высокой стоимостью разведочного бурения. Эти риски особенно увеличиваются при не подтверждении прогнозируемых запасов УВ. Для снижения геолого-экономических рисков предлагается использование ряда экономических механизмов.

Организационно-экономический механизм (ОЭМ) формирования морского газодобывающего комплекса должен быть направлен на обеспечение эффективных ГРП на морских ГКМ. Освоение морских ГКМ в Карском и Баренцевом морях характеризуется суровостью природно-климатических условий и в ряде случаев сложностью строения осадочной толщи как в придонной части, так и глубоких нефтегазоносных горизонтах. В этой связи, по мнению авторов, составной частью ОЭМ должен быть процесс управления строительством скважины. В части геологоразведки ОЭМ представляет собой совокупность функций, методов и способов достижения целевой эффективности разведочного процесса ГКМ, базирующихся на основном производственном процессе – бурении разведочных скважин [Правосудов, 2018].

Основные структурные элементы ОЭМ следующие:

1. геологическая составляющая, которая заключается в выборе рациональной методики проведения геолого-геофизических исследований продуктивных разрезов и обеспечения эффективной подготовки запасов газа промышленных категорий по каждой скважине и в целом по ГКМ;
2. организационная составляющая – синергия строительства скважин в разных суровых климатических зонах, позволяющая повысить эффективность буровых работ в межледовый период для каждой МБУ, благодаря применению рациональных логистических схем обеспечения строительства каждой скважины в запланированные сроки;
3. экономическая составляющая заключается в переоценке показателей эффективности ГРП, основанной на оптимизации затрат, связанных с перераспределением работ в ледовый и межледовый сезоны, что в конечном итоге способствует повышению инвестиционной привлекательности проекта.

Первая составляющая является вектором, который направлен на достижение основной цели – прироста запасов УВ промышленных категорий с высокой эффективностью и необходимым объемом, представляющим интерес для потенциальных инвесторов.

Учитывая короткий навигационный (межледовый) период при проведении разведочного бурения, наличие большого количества газовых залежей в каждой скважине (более 10) и ограниченное ежегодное использование МБУ при освоении ГКМ в пределах арктического шельфа Карского моря, целесообразно для оценки промышленных категорий запасов УВ, наряду с ограниченным испытанием объектов в эксплуатационной колонне, использовать

методы гидродинамического каротажа и опробования пластов приборами на кабеле (ГДК-ОПК) в открытом стволе [Методические рекомендации..., 2015]. Это позволит значительно сократить время и количество разведочных скважин на каждом ГКМ, не снижая качество подготовки ГКМ к разработке.

Вторая составляющая обеспечивает оптимизацию методов и технологий достижения цели. Предлагается рассмотреть вариант использования разных сроков межледовых периодов в Баренцевом и Карском морях (рис. 3).

Межледовый период, позволяющий выполнить строительство скважины в Баренцевом море, начинается в апреле и заканчивается в октябре, что составляет 6-7 месяцев. Начало строительства скважины в Карском море зависит от открытия Карских ворот (отсутствие ледового покрова), обычно в конце июля - начале августа. На рис. 3 представлены графики строительства скважин в пределах Баренцева и Карского морей с использованием одной собственной МБУ, которая базируется в зимний период в порту г. Мурманск. Глубины скважин - 2000-2200 м, коммерческая скорость - 1400 м/ст. мес. Мобилизация и демобилизация МБУ с точки бурения в Карском море в порту г. Мурманск занимает около 7 суток. Переход МБУ с Баренцева моря в Карское - 1100 км, при средней скорости движения каравана 4 узла (7,4 км/ч) занимает примерно 6 суток. При бурении каждой скважины, кроме испытания 2-х объектов в колонне, так же проводятся геолого-геофизические исследования ГДК-ОПК в открытом стволе (50-75 точек). При варианте бурения 2-х скважин с использованием 2-х МБУ задействуется вспомогательный морской флот: 10 судов обеспечения, 2 аварийно-спасательных и 2 ледокола. В результате, бурение 2-х скважин в один межледовый период с одной МБУ позволит существенно снизить затраты (примерно на 20%) за счет отсутствия необходимости повторной мобилизации/демобилизации (судов, оборудования, персонала и прочих услуг).

Третья составляющая даст новые представления об экономической эффективности морских ГРП, осуществляемых в пределах приамальского шельфа. Результаты модельного расчета свидетельствуют о снижении объемов затрат на разведочное бурение и повышение геологических показателей эффективности ГРП.

Ресурсная база УВ месторождений арктического приамальского шельфа представляет огромный интерес со стороны инвесторов. Несмотря на это, уникальные газовые объекты находятся пока в стадии разведки бурением.

От эффективности разведочного бурения зависит их подготовка к разработке в ближайшей перспективе. Круглогодичное разведочное бурение в ледовых условиях исключается. Использование большого количества зарубежных морских буровых установок в межледовый период нежелательно из-за их дороговизны, что отрицательно скажется на эффективности ГРП.

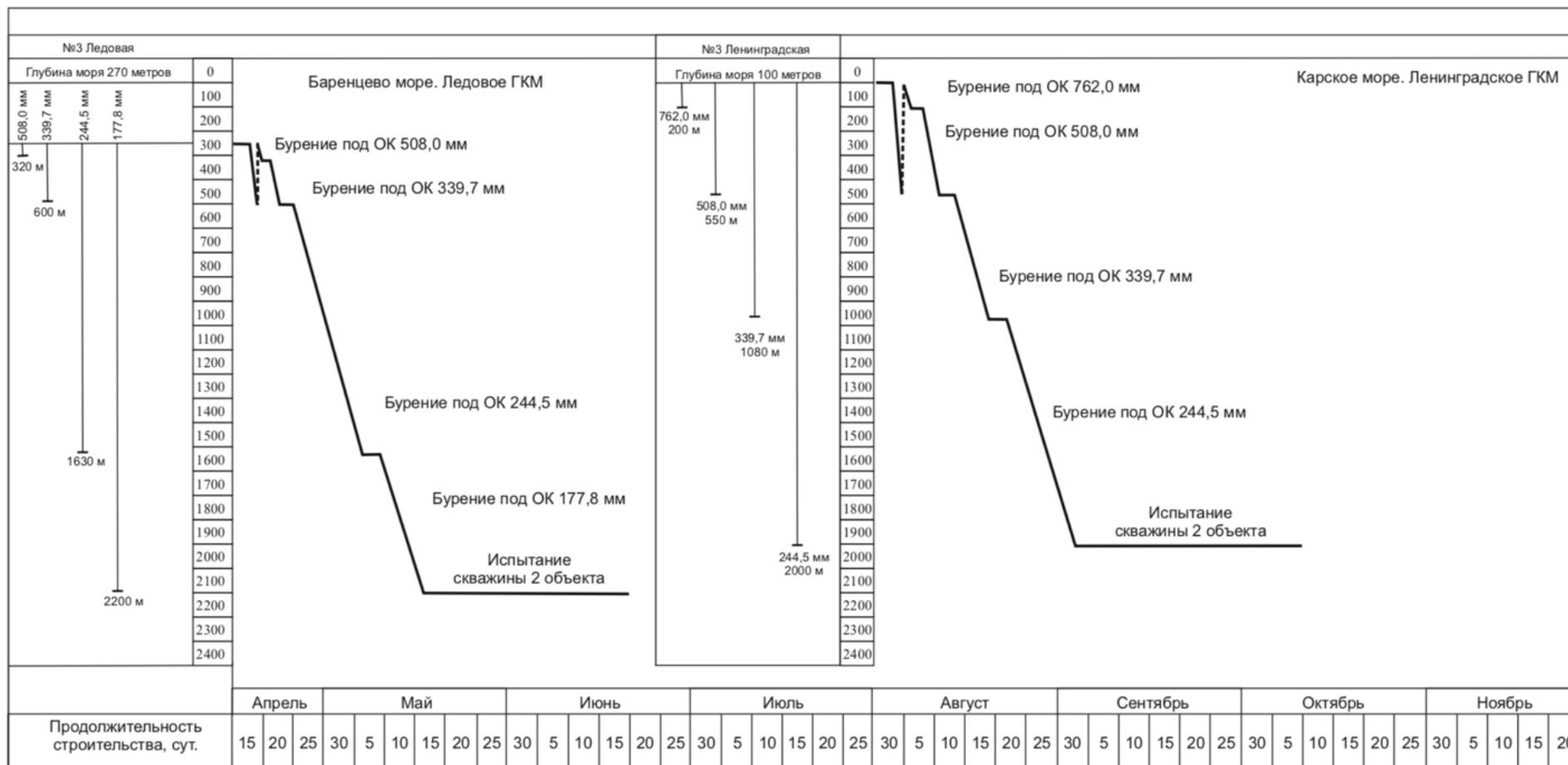


Рис. 3. Проектные конструкции и графики строительства разведочных скважин в Баренцевом и Карском морях в один межледовый период с использованием одной полупогружной буровой установки

Эффективность будет низкой даже для уникальных по запасам ГКМ, поскольку неизвестны сроки ввода их в разработку (долгое время они могут находиться в консервации до начала освоения).

Учитывая то, что газовые месторождения западной Арктики являются стратегическим резервом страны, и с учетом наличия огромных запасов газа на п-ове Ямал, морские будут осваиваться в более далекой перспективе. Чтобы решить проблему ускорения освоения газовых месторождений приямальского шельфа Карского моря, одним из вариантов рассматривается ОЭМ, позволяющий завершить разведку Ленинградского ГКМ в течение ближайших 2-3 лет и ввести его в разработку. Полученный опыт, который сегодня так необходим, позволит перейти к масштабному освоению морских ГКМ Западно-Арктического шельфа. Предлагаемый ОЭМ будет способствовать в первую очередь сокращению количества разведочных скважин для разведки каждого морского ГКМ и подготовке запасов газа промышленных категорий к разработке.

Разработанный ОЭМ позволит улучшить качество принимаемых решений, а тем самым и эффективность ГРП, за счет внедрения интегрированных новых технологий и сервисного обслуживания. Будут определены критерии повышения эффективности ГРП в пределах газовых объектов арктического шельфа Карского моря, которые будут соответствовать:

- созданию конкретных оперативных комплексных организационно-геологических решений при реализации проекта строительства каждой скважины в суровых условиях арктического шельфа;
- обеспечению надежной рациональной системы логистики при реализации проекта;
- своевременному предупреждению возможных экологических нарушений при бурении как связанных с природно-климатическими условиями, так при вскрытии нефтегазовых пластов, исключив неуправляемые выбросы УВ.

Освоение УВ базы морского арктического шельфа страны является важнейшей задачей развития нефтегазовой отрасли. Общее потребление природного газа в мире будет ежегодно расти (примерно на 1,7% до 2035 г.), и мировой топливно-энергетический баланс будет на $\frac{1}{4}$ состоять из природного газа (более 5 трлн. м³) [Правосудов, 2018]. Газ Западно-Арктического шельфа будет необходим для достижения объемов, позволяющих удовлетворить растущие потребности в мировом масштабе. Освоение ГКМ и добыча газа в пределах Западно-Арктического шельфа возможна уже в среднесрочной перспективе, при своевременном вводе их в разработку параллельно с газовыми месторождениями п-ова Ямал.

Рассмотренный ОЭМ повышения эффективности ГРП будет являться вектором эффективного освоения ГКМ Западно-Арктического шельфа Российской Федерации.

Литература

Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности шельфа морей России / Е.В. Захаров, В.А. Холодилов, М.Н. Мансуров, Б.А. Никитин, Ю.В. Шамалов, О.И. Супренко, Л.С. Маргулис. – М.: Недра, 2011. – С. 121-132.

Каминский В.Д., Супруненко О.И., Смирнов А.Н. Минерально-сырьевые ресурсы арктической континентальной окраины России // Арктика: экология и экономика. – 2014. – №3(15). – 53 с.

Каспаров О.С. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы Арктической зоны Российской Федерации // Арктика: настоящее и будущее: материалы докладов IX Международного форума (г. Санкт-Петербург, 5-7 декабря 2019 г.). - Санкт-Петербург, 2019.

Методические рекомендации по обоснованию подсчётных параметров залежей в терригенных отложениях по данным ГИС и новым методом ГДК-ОПК при постановке на учет и перевод УВС в промышленные категории запасов // ПАО «Газпром». ФБУ «ГКЗ» Роснедра. Москва, 2015. – 267 с.

Правосудов С. 498,7 млрд куб. м газа добыл «Газпром» в 2018 году // Корпоративный журнал «Газпром». – 2018. - №6. - <https://www.gazprom.ru/press/news/reports/2019/production-in-2018/>

Прищепа О.М. Проблемы воспроизводства запасов углеводородов: Арктический шельф и(или) трудноизвлекаемые запасы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2016. - № 1-2. – С. 18-34.

Прищепа О.М., Меткин Д.М., Боровиков И.С. Углеводородный потенциал Арктической зоны России и перспективы его освоения // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. - 2019. - №3. - С.14-28.

Прищепа О.М., Нефедов Ю.В., Григорьев Г.А. Перспективы дальнейшего изучения и освоения углеводородного потенциала арктического шельфа Печоро-Баренцевоморского региона // Научный журнал Российского газового общества. - 2019. - №3-4(22-23). - С. 5-20.

Mammadov S.M., Kholodilov V.A.

LLC NewTech Services, Moscow, Russia, smammadov@nt-serv.com

Zhukov O.V.

LLC Gazprom FLOT, St. Petersburg, Russia, zukov@gazflot.ru

Bauro K.A.

JSC "Gazprom Geologorazvedka", Tyumen, Russia, k.bayuro@gmail.com

ORGANIZATIONAL AND ECONOMICAL MECHANISM FOR EFFICIENCY IMPROVING OF GEOLOGICAL EXPLORATION IN THE CREATION OF A GAS PRODUCTION FACTORY IN THE ARCTIC SHELF

The article deals with proposals for improving the organizational and economical mechanism in terms of amplifying the efficiency of geological exploration concerning the formation of an offshore gas production factory on the Russian Federation Western Arctic shelf. At the first stage of research, the results of the analysis of the raw material of the region in question on the scale of the Arctic zone of the Russian Federation and the country as a whole are presented. On the basis of data on the strategic development of the company, Gazprom identified the basic fields that are priority for industrial operation: Krusenstern gas condensate field, located partly within the land, partly within the Kara sea, and Leningrad field, located entirely in the offshore. Taking into account the existing experience of Russian companies in the Arctic, a conceptual scheme for the formation of an industrial offshore gas production factory is proposed and its structural elements are described. The organizational and economic mechanism proposed in the article details the display of geological measures and the process of well disposing and drilling construction. The effectiveness of the proposed measures is determined on the basis of model calculations and its indicators are summarized in an analytical table. In accordance with the obtained values, the proposed procedure facilitating exploration activity at the Leningrad gas condensate field are effective.

Keywords: geological and economical criteria concerning exploration efficiency, gas condensate fields, well disposing and drilling construction on the shelf, Russian Federation Western Arctic shelf.

References

Geologicheskoe stroenie i perspektivy neftegazonostnosti shel'fa morey Rossii [Geological structure and prospects of oil and gas potential of the Russian shelf]. E.V. Zakharov, V.A. Kholodilov, M.N. Mansurov, B.A. Nikitin, Yu.V. Shamalov, O.I. Suprenko, L.S. Margulis, Moscow: Nedra, 2011, pp. 121-132.

Kaminskiy V.D., Suprunenko O.I., Smirnov A.N. *Mineral'no-syr'evye resursy arkticheskoy kontinental'noy okrainy Rossii* [Mineral resources of the Arctic continental margin of Russia]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2014, no.3(15), 53 p.

Kasparov O.S. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya mineral'no-syr'evoy bazy Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii* [State and prospects of development of the mineral resource base of the Arctic zone of the Russian Federation]. *Arktika: nastoyashchee i budushchee: materialy dokladov IX Mezhdunarodnogo foruma* (December 5-7 2019, St. Petersburg). St. Petersburg, 2019.

Metodicheskie rekomendatsii po obosnovaniyu podschetnykh parametrov zalezhey v terrigennykh otlozheniyakh po dannym GIS i novym metodom GDK-OPK pri postanovke na uchet i perevod UVS v promyshlennye kategorii zapasov [Methodological recommendations for substantiating the calculated parameters of terrigenous rocks according to GIS data and the new GDK-OPK method when registering and transferring UVS to industrial categories of reserves]. PAO «Gazprom». FBU «GKZ» Rosnedra, Moscow, 2015, 267 p.

Pravosudov S. *498,7 mlrd kub. m gaza dobyl «Gazprom» v 2018 godu* [498.7 billion cubic meters of gas produced by Gazprom in 2018]. *Korporativnyy zhurnal «Gazprom»*, 2018, no. 6, <https://www.gazprom.ru/press/news/reports/2019/production-in-2018/>

Prishepa O.M. *Problemy vosproizvodstva zapasov uglodorodov: Arkticheskii shel'f i (ili)*

trudnoizvlekaemye zapasy [Problems of hydrocarbon reserves renewing: the Arctic shelf and (or) hard-to-recover reserves]. Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie, 2016, no. 1-2, p. 18-34.

Prischepa O.M., Metkin D.M., Borovikov I.S. *Uglevodorodnyy potentsial Arkticheskoy zony Rossii i perspektivy ego osvoeniya* [The hydrocarbon potential of the Arctic zone of Russia and the prospects for its development]. Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie, 2019, no. 3, pp.14-28.

Prischepa O.M., Nefedov Yu.V., Grigor'ev G.A. *Perspektivy dal'neyshego izucheniya i osvoeniya uglevodorodnogo potentsiala arkticheskogo shel'fa Pechoro-Barentsevomorskogo regiona* [Prospects for further study and development of the hydrocarbon potential of the Arctic shelf of the Pechora-Barents Sea region]. Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo gazovogo obshchestva, 2019, no. 3-4(22-23), pp. 5-20.

© Маммадов С.М., Холодилов В.А., Жуков О.В., Баяро К.А., 2020