

УДК 665.62

# Нефтегазохимия – ключ к освоению Арктики

**И.В. МЕЩЕРИН**, к.х.н., доцент кафедры газохимии

**Ф.Г. ЖАГФАРОВ**, д.т.н., проф., чл.-корр. РАЕН, зам. зав. кафедрой газохимии

**А.Л. ЛАПИДУС**, д.х.н., проф., чл.-корр. РАН, зав. кафедрой газохимии

**А.Б. КАРПОВ**, аспирант кафедры газохимии

**В.Ю. ВАСИЛЕНКО**, бакалавр кафедры газохимии

Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина (Россия, 119991, Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1)

Рост зависимости мировой экономики от энергоресурсов подталкивает Россию и зарубежные страны к активной разработке новых стратегий продвижения своих национальных интересов в зоне Арктики. Штокмановский проект – один из приоритетных векторов развития Российской промышленности и в целом – стратегический проект для активной разработки арктического шельфа России. В статье проводится анализ вариантов повышения экономической эффективности освоения Штокмановского ГКМ. Показано, что на современном этапе малогабаритное производство СЖУ на морских платформах, в отличие от действующих масштабных береговых заводов, становится перспективным направлением оффшорной добычи углеводородов, а газохимия является одной из критических отраслей мировой энергетики, способной стимулировать инновационные процессы.

*Ключевые слова:* газохимия, арктический шельф, Штокман, синтетические жидкие углеводороды.

**Н**а дне Северного Ледовитого океана располагается около 25 % мировых запасов нефти и газа, а также богатые залежи других полезных ископаемых. Рост зависимости мировой экономики от энергоресурсов подталкивает Россию и зарубежные страны к активной разработке новых стратегий продвижения своих национальных интересов в зоне Арктики. Именно поэтому Арктика играет все большую роль в глобальной политике и экономике, становится объектом территориальных, ресурсных и военно-стратегических интересов ряда государств [1].

В настоящее время существует необходимость изучения ресурсной базы арктического шельфа, проработки вариантов использования ресурсов, особенно на фоне интереса к региону со стороны других



государств. Штокмановский проект – один из приоритетных векторов развития Российской промышленности и в целом – стратегический проект для активной разработки арктического шельфа России.

С учетом того, что запасы углеводородов на шельфе Арктической зоны составляют около 200 млрд баррелей в нефтяном эквиваленте, этот проект мог бы открыть эпоху промышленного освоения Арктики, создать базу для формирования в России современного инжиниринга и дизайна при разработке морских месторождений, соответствующую производственную основу для оборудования и переработки.

В условиях глобального экономического кризиса Штокмановский проект обеспечил бы загрузку производственных мощностей российских промышленных предприятий, исходя из того, что в Арктике может содержаться еще более четверти неразведанных мировых запасов углеводородного сырья.

Штокмановское газоконденсатное месторождение (ШГКМ) открыто в 1988 г., расположено в Баренцевом море на удалении 550 км от берега (рис. 1). Начальные геологические запасы оцениваются в 3,9 трлн м<sup>3</sup> газа и 56 млн т газового конденсата. Глубина моря в районе месторождения – 340 м, высота волн – до 27 м, годовой диапазон температур: от –50 до +33 °С, в акватории в рамках долгосрочных наблюдений отмечались айсберги мас-

**Таблица 1**

**Капитальные вложения в Штокмановский проект, \$ млн\***

Объект	1-я фаза по данным ШДАГ	
	Существующий вариант	Вариант с применением технологии GTL
Проектно-изыскательские работы	876	876
Бурение	2 338	2 338
Подводно-добычный комплекс	1 986	1 986
Платформа 1	5 763	5 763
Платформа 2	0	7 486
Морской трубопровод	3 525	0
Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС)	342	0
Береговой участок трубопровода и ВОЛС	146	0
УКПГ	885	0
Завод СПГ	7 486	0
Береговая инфраструктура	383	192
<b>ИТОГО</b>	<b>22 853</b>	<b>18 641</b>

Исторические затраты – 3 211 \$ млн

\* По экспертной оценке авторов.

сой до 4 млн т [2]. Лицензией на поиск, геологическое изучение и добычу газа и газового конденсата на месторождении владеет ОАО «Газпром» [3].

История предпроектных работ по Штокмановскому проекту в разные годы показала, что по уровню развития техники на дату исследования всегда имелись основания для реализации проекта. Это подтверждено исследованиями зарубежных и отечественных инжиниринговых компаний. Фактором сдерживания явились риски экономической эффективности проекта, связанные с большими капитальными вложениями (табл. 1).

По результатам FEED 1-й фазы реализации проекта (всего планировалось три фазы), выполненного по заказу компании «Штокман Девелопмент АГ» (ШДАГ) в 2012 г., была принята следующая технологическая структурная конфигурация освоения месторождения. Газ в объеме 23,7 млрд м<sup>3</sup> в год добывается на подводном добычном комплексе (ПДК) через спаренные донные плиты, у каждой из которых имеется по четыре буровых окна. По гибким добычным райзерамипластовый флюид направляется от донной плиты на плавучую установку судового типа (FPSO). На ее борту производится первичная сепарация пластового флюида, отделение воды и механических примесей. От судна газ и конденсат двухфазным потоком должен был доставляться на берег по морскому двухниточному магистральному трубопроводу. Береговая часть 1-й фазы Штокмановского проекта включала установку комплексной подготовки газа (УКПГ) и завод по сжижению природного газа (СПГ).

Однако в 2014 г. ОАО «Газпром» было принято решение по разработке корректировки обосновывающих материалов и рекомендаций для принятия решения о целесообразности дальнейшего инвестирования и разработки проектной документации [4].

Изменения в проекте (табл. 2) направлены как на возможность перехода к подводному освоению месторождения, так и на транспортные изменения. Предусмотрен вариант трубопроводного транспорта как в двухфазном состоянии, так и отдельно: по газопроводу и конденсатопро-

**Рис. 1**

**Расположение ШГКМ**



воду. Рассматривается вариант строительства плавучего завода СПГ.

Еще одним вариантом коррекции проекта предлагается рассмотрение возможности производства синтетических жидких углеводородов. Таким образом, можно проследить вектор Группы Газпром на сокращение и оптимизацию затрат на данный непростой и не имеющий аналогов проект.

Анализ вариантов повышения экономической эффективности освоения ШГКМ показывает два пути:

1. Снижение стоимости морских сооружений путем транспортировки на берег пластового флюида с возможной предварительной подводной сепарацией. В этом случае экономия капитальных вложений достигается за счет исключения из состава проекта дорогостоящего FPSO, необходимости остановки добычи и производства при возникновении угрозы айсбергов. Однако имеются высокие риски эксплуатации сложной системы трубопроводной обвязки месторождения и ПДК, которые нарастают в процессе развития месторождения, а также трубопроводной системы для транспортировки многофазного потока на берег (рис. 2).

2. Снижение стоимости сухопутных сооружений и морского трубопровода за счет расположения в море всех сооружений, связанных с добычей, подготовкой, сжижением и отгрузкой продукции. Проблемой плавучего завода СПГ (рис. 3) является отсутствие надежного решения по отгрузке СПГ на танкеры в условиях сложных метеоусловий, прежде всего высоты волны (ограничение по высоте до 5 м).

Второй путь представляется более эффективным с точки зрения экономии капитальных вложений, повышения качества строительства за счет

**Таблица 2**

**Матрица вариантов освоения ШГКМ**

Освоение	Энерго-снабжение	Подготовка	Транспорт газа	Транспорт конденсата
Платформа судового типа	С платформы	Полная на платформе	Трубопровод	Трубопровод
		Частичная		Танкер
Подводное	С берега	Полная на берегу	Двухфазный	Двухфазный
	С промежуточной платформы			Двухфазный
	С платформы обеспечения на м/р			Двухфазный до плавучего завода СПГ
	С плавучего завода СПГ	Полная на плавучем заводе СПГ	Двухфазный до плавучего завода СПГ	

Стадия синтеза жидких углеводородов в промышленном масштабе в России не реализована, однако имеется ряд успешно работающих лабораторных установок, разработанных в том числе при участии ведущих зарубежных инженеринговых компаний

осуществления монтажа основного оборудования в заводских условиях.

Проблему отгрузки можно решить за счет изменения продуктовой линейки, например производства не СПГ, а синтетических жидких углеводородов (СЖУ: синтетическая нефть, дизельное топливо, бензин и керосин) на

основе технологий переработки газа в жидкость (gas-to-liquid – GTL), опираясь на имеющиеся отечественные технологии.

Наиболее распространенным процессом переработки газообразных углеводородов в жидкие является синтез Фишера-Тропша.

Процесс синтеза Фишера-Тропша был разработан немецкими химиками Ф. Фишером и Г. Тропшем в конце 20-х годов прошлого века. В 1930–1940 гг. на основе технологии Фишера-Тропша в Германии было налажено производство синтетического бензина.

Однако с начала 60-х гг. XX века интерес к синтезу углеводородов процессом Фишера-Тропша стал падать, что было связано с открытием обширных месторождений нефти в Аравии, Северном море, Нигерии, Аляске и СССР.

Интерес к синтезу Фишера-Тропша возобновился к 1990-м гг. Реализованные на сегодняшний день промышленные и опытно-промышленные установки по производству синтетических углеводородов представлены в табл. 3.

Стадия синтеза жидких углеводородов в промышленном масштабе в России не реализована, однако имеется ряд успешно работающих лабораторных установок, разработанных в том числе при участии ведущих зарубежных инженеринговых компаний. Работа и исследования ведутся многими нефтегазовыми компаниями России, однако промышленной реализации этой технологии в отличие от зарубежной практики нет.

Производство синтетических топлив процессом Фишера-Тропша базируется на использовании в качестве сырья для получения синтез-газа природного и попутного нефтяного газа, продуктов переработки нефти и угля.

**Рис. 2**

**Подводное обустройство месторождения**



Особым достоинством продуктов процесса Фишера-Тропша в отличие от продуктов, полученных из нефти, является практически полное отсутствие в их составе серосодержащих соединений, что устраняет образование токсичных оксидов серы при сгорании таких моторных топлив в двигателях и тем самым решает одну из наиболее актуальных экологических проблем использования нефтяных моторных топлив (табл. 4). Положительным также является незначительное содержание ароматических углеводородов, что особенно важно для дизельных топлив.

На современном этапе малогабаритное производство СЖУ на морских платформах в отличие от действующих масштабных береговых заводов становится перспективным направлением оффшорной добычи углеводородов. Морская транспортировка обеспечивается танкерами, которые могут перевозить всю линейку вырабатываемых СЖУ одновременно, что значительно повышает эффективность транспортной системы, а значит, более высокую конкурентоспособность производства.

При годовом уровне добычи газа в 23 млрд м<sup>3</sup> природного газа, возможный объем производства синтетических жидких углеводородов составит около 13 млн т/год. При этом создается перспектива формирования единой транспортной системы для перевозки нефти и нефтепродуктов с морских нефтяных месторождений Баренцева моря, включая Приразломное, Долгинское и другие, с помощью как танкеров – челноков, так и танкеров типа Suezmax, Aframax и крупнотоннажных третьего класса типа VLCC (VeryLargeCrudeCarrier) дедвейтом более 160 000 dwt, нацеленных для перевозки непосредственно на удаленные рынки.

Вынесение GTL-производства в морское пространство предоставляет беспрепятственный доступ к неограниченной сырьевой базе. Неоспоримым преимуществом морской производственной площадки является отсутствие необходимости отвода и изъятия земель, а также последующей платы за нее. Пространство, которое занимает такая площадка, де юре есть водоизмещение платформы, и специфические правоотношения, связанные с этим обстоятельством, регулируются морским законодательством и международными конвенциями. Создание производства в незаселенном морском пространстве технически реализуемо, экономически вполне

**Рис. 3**

**Плавучий завод СПГ**



**Таблица 3**

**Реализованные промышленные и опытно-промышленные производства синтетических жидких и твердых углеводородов по методу Фишера-Тропша [5]**

Технология	Местоположение	Мощность, тыс. т/год	Годы эксплуатации	Тип реактора
CopocoPhilips	Понка Сити, США	17,5	2003 г. – настоящее время	Реактор со стационарным слоем
Syntroleum	Талса, США	3,0	1999–2000 гг. 2004 г. – настоящее время	Сларри-реактор
Exxon ACG-21	Батон Руж, США	8,8	1990–1993 гг.	Сларри-реактор
BP+Davy Compact GTL	Никиски, Аляска, США	14,0	2002–2004 гг.	Реактор со стационарным слоем
SasolChevronOryx GTL	Рас-Лаффан, Катар	1 400,0	2009 г. – настоящее время	Сларри-реактор
Shell Middle Distillate Synthesis (SMDS) Bintulu	Бинтулу, Малайзия	600,0	1993–1997 гг. 2003 г. – настоящее время	Реактор со стационарным слоем
Shell Middle Distillate Synthesis (SMDS) Pearl GTL	Рас-Лаффан, Катар	6 100,0	2010 г. – настоящее время	Реактор со стационарным слоем

**Таблица 4**

**Сравнительная характеристика синтетической нефти и легких нефтей [6]**

Показатели	Синтетическая нефть	Нефти	
		Арабская легкая	Брент
Плотность, ρ <sub>15</sub> <sup>15</sup> , кг/м <sup>3</sup>	795	864	833
Содержание серы, ppm	Менее 10	19000	4000

оправданно и, минимизируя одновременно факторы вредного воздействия опасного производства на людей и окружающую среду, предоставляет подобным проектам значительные экологические преимущества, повышая уровень его соответствия миро-

вым нормам техногенной безопасности.

Помимо этого, создание производства СЖУ на морской платформе (рис. 4) на ШГКМ позволит значительно уменьшить инвестиционный объем в реализацию проекта (см. табл. 1).

Рис. 4

## Модель GTL завода в море



Так, вместо строительства морского трубопровода, завода СПГ и берегового комплекса, создание второй морской платформы для завода по синтезу жидких углеводородов уменьшит капитальные затраты проекта на \$ 4,2 млрд.

Таким образом, для разработки и освоения арктических месторождений газовая отрасль остро нуждается в простых и экономически эффективных технологиях конверсии природного газа в жидкие продукты, рассчитанных на эксплуатацию непосредственно в районах газодобычи, в том числе приполярных областях и на морском шельфе. Потребность в быстром и адекватном решении сложнейших научно-технических проблем делает газохимию одной из критических отраслей мировой энергетики, способной стимулировать инновационные процессы. Для России интенсивное развитие газохимии отвечает ее приоритетным задачам и может стать мощным стимулом развития всей экономики. **НТХ**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваль В.П., Лыжин Д.Н. // Материалы Международной конференции по географии и картографированию океана «Морская геополитика в контексте XXI века» (Санкт-Петербург, 11-12 сентября 2013 г.). СПб., 2013. С. 129–141.
2. Штокмановское газоконденсатное месторождение. URL: <http://www.shtokman.ru/project/gasfield/> (дата обращения 16.02.2015).
3. Газпром продолжает работу по оптимизации проекта освоения Штокмановского месторождения. Дата обновления: 18.06.2013. URL: <http://www.gazprom.ru/press/news/2013/june/article164672/> (дата обращения 16.02.2015).
4. Материалы запроса предложений по корректировке Обоснования инвестиций в комплексное освоение Штокмановского газоконденсатного месторождения для нужд ОАО «Газпром», [2014 —]. Дата обновления: 08.08.2014. URL: <https://etpgaz.gazprombank.ru/#com/procedure/view/procedure/19159> (дата обращения: 16.02.2015).
5. Материалы запроса предложений по разработке проектной документации по объекту ОПУ GTL [2015 —]. Дата обновления: 20.01.2015. <http://zakupki.rosneft.ru/node/138612> (дата обращения: 16.02.2015).
6. Лапидус А.Л., Крылов И.Ф., Жагфаров Ф.Г., Емельянов В.Е. Альтернативные моторные топлива: Учеб. пособие. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. – 288 с.

## PETROCHEMICAL – THE KEY TO THE DEVELOPMENT OF THE ARCTIC

Mescherin I.V., Cand. Sci. (Chem.), docent of the Gaschemistry Department  
 Zhagfarov F.G., Dr. Sci. (Tech.), Prof. of the Gaschemistry Department  
 Lapidus A.L., Corresponding Member RAS, Dr. Sci. (Chem.), Prof. of the Gaschemistry Department  
 Karpov A.B., Postgraduate student of the Gaschemistry Department  
 Vasilenko V.Yu., Bachelor of the Gaschemistry Department  
 Gubkin Russian State University of Oil and Gas (Leninskiy prosp., 65, korp. 1, 119991, Moscow, Russia)

## ABSTRACT

Depending on the growth of the global economy on energy resources is pushing Russia and foreign countries to actively develop new strategies to promote their national interests in the Arctic zone. Shtokman project - one of the priority vectors of development of Russian industry and in general - a strategic project for the active development of the Russian Arctic shelf. The article analyzes the options for improving the economic efficiency of the Shtokman gas condensate field. It is shown that at the present stage small-sized production GTL on offshore platforms, in contrast to existing large-scale onshore plants, it is a promising direction of offshore hydrocarbon production and gas chemistry is one of the critical sectors of the global energy industry, capable of stimulating innovation processes.

*Keywords:* gaschemistry, arctic shelf, shtokman, synthetic liquid hydrocarbons.

## REFERENCES

1. V.P. Koval, D.N. Lyzhin Report on the International Conference on geography and mapping the ocean «Marine geopolitics in the context of the twenty-first century». – St. Petersburg, 2013
2. The Shtokman gas condensate field URL: <http://www.shtokman.ru/project/gasfield/> (date accessed 16.02.2015)
3. Gazprom continues to work on optimizing the Shtokman field development project Updating date: 18.06.2013. URL: <http://www.gazprom.ru/press/news/2013/june/article164672/> (date accessed 16/02/2015)
4. Materials request for proposals for adjustments to the feasibility study into the complex development of the Shtokman gas condensate field “for the needs of JSC Gazprom”, [2014 -]. Updating date: 08.08.2014. URL: <https://etpgaz.gazprombank.ru/#com/procedure/view/procedure/19159> (date accessed 16/02/2015)
5. Materials RFP Development of project documentation for the project GTC GTL [2015 -]. Updating date: 20.01.2015. <http://zakupki.rosneft.ru/node/138612> (date accessed 16.02.2015)
6. Lapidus A.L., Krylov I.F., Zhagfarov F.G., Emelyanov V.E. Alternative motor fuels. Textbook. – M.: TsentrLitNefteGaz, 2008. – 288 p.