

Технологические инновации –
путь к неисчерпаемости природного ресурса
(на примере газовой отрасли)

Сергей В. Еремин

*Российский государственный университет нефти и газа (НИУ)
имени И.М. Губкина, Москва, Россия, eremin.s@gubkin.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены технологические инновации, предопределяющие пересмотр концепции истощаемости газа как природного ресурса. К таковым автор относит масштабирование технологий сжиженного природного газа и сланцевой газодобычи, а также находящиеся в разной степени разработки технологии производства синтетического метана на базе возобновляемых источников электроэнергии и технологии освоения залежей газогидратов. Технологические сдвиги снижают ценность фактора истощаемости природного ресурса, что обуславливает возникновение новых рисков и возможностей для игроков мировых газовых рынков.

Ключевые слова: природный газ, метан, истощаемый ресурс, рынок газа, инновация

Для цитирования: Еремин С.В. Технологические инновации – путь к неисчерпаемости природного ресурса (на примере газовой отрасли) // Вестник РГГУ. Серия «Экономика. Управление. Право». 2019. № 4. С. 235–246. DOI: 10.28995/2073-6304-2019-4-235-246

Technological innovation:
the path to the inexhaustibility of natural resources
(the gas industry example)

Sergey V. Eremin

*Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russia,
eremin.s@gubkin.ru*

Abstract. The article discusses technological factors that undermine the concept of gas exhaustion as a natural resource. These include the scaling of technologies for liquefied natural gas and shale gas production, as well as technologies for the production of synthetic methane based on renewable energy

sources and technology for the development of gas hydrate deposits, which are under exploration. Technological advances reduce the value of the gas exhaustion factor, which leads to new risks and opportunities for players in global gas markets.

Keywords: natural gas, methane, exhaustible resource, gas market, innovation

For citation: Eremin, S.V. (2019), "Technological innovation: the path to the inexhaustibility of natural resources (the gas industry example)", *RSUH/RGGU Bulletin. "Economics. Management. Law" Series*, no 4, pp. 235-46, DOI: 10.28995/2073-6304-2019-4-235-246

Введение

С самого своего зарождения газовая отрасль является одной из наиболее технологически емких отраслей производства. Она создавала спрос на инновации, являлась доминирующим полигоном их испытания и внедрения в практику. Инновационные процессы в мировой газовой индустрии приобрели перманентный и всеохватывающий характер. Помимо того, что инновации революционным образом трансформировали структуру и принципы функционирования отрасли и рынков, они подвергли сомнению многие парадигмы, казавшиеся незыблемыми в течение многих десятилетий. К их числу относится в том числе новый взгляд на истощаемость газа как природного ресурса, которому посвящена настоящая статья.

Истощаемость природного газа и технологические инновации

Традиционные экономические теории исходили из ограниченности истощаемого природного ресурса, постоянного роста как спроса на него, равно как и цены, пока он находится в недрах. Под понятием «истощаемость» обычно понимают не столько физическое наличие полезного ископаемого, сколько возможность его экономически рентабельной добычи в определенной временной перспективе с использованием доступных технологий. То есть «истощаемость» природного газа можно понимать как функцию инновационного развития, достижение которой отдалается по времени по мере возникновения и внедрения новых технологий. Сама идея экономической конечности газа как ископаемого топлива не ставилась под сомнение до недавнего времени. Однако развитие

технологий добычи (производства), переработки, транспортировки и коммерциализации природного газа дает основания предположить, что истощение газовых ресурсов не только отодвигается на неопределенный срок, но и то, что газ в принципе утрачивает признаки истощаемого природного ресурса, все больше превращаясь в продукцию промышленного производства (изделие).

На этом пути превращений можно выделить четыре технологических прорыва, которые кардинальным образом увеличивают предложение газа на мировых рынках.

1. *Технологии производства, транспортировки и коммерциализации сжиженного природного газа (СПГ)*, обусловившие вовлечение в энергетический баланс географически отдаленных от мировых центров газопотребления месторождений газа.

2. *Технологии сланцевой газодобычи* (комбинация гидроразрыва пласта, трехмерной сейсмики и наклонного бурения), которые превратили газодобычу, по сути, в производство промышленного продукта.

3. *Технологии конверсии электроэнергии из возобновляемых источников в синтетический метан (Power-to-gas)* ведут к неисчерпаемости газа, превращают его в продукт промышленного производства и служат основой новой «водородной энергетики».

4. *Технологии разработки газогидратов*, будущая коммерциализация которых открывает дорогу к энергетической независимости не только отдельных стран, но и целых регионов.

Эволюция взглядов на соотношение экономического роста и истощаемости природных ресурсов

Проблеме истощаемости ресурсов и, как следствие, замедления экономического роста уделялось внимание еще на заре становления экономической мысли. Утверждая, что богатство создается трудом, разделением труда и международной торговлей, А. Смит считал, что главной проблемой является не недостаток природного ресурса, а скорее недостаток инвестиций. Его вера в индивидуальные усилия, креативность и изобретательность, а также в способность «невидимой руки» рынка эффективно распределять ресурсы оказала решающее влияние на последующие теории управления ресурсами.

Оптимизм Смита не разделял Т. Мальтус, который считал идею бесконечного прогресса не только наивной, но и опасной: ограниченные ресурсные возможности планеты, по его мнению, были не

в состоянии поддерживать неуклонно возрастающую численность населения. Д. Рикардо соглашался с Мальтусом в том, что сокращение природных ресурсов в результате роста экономической активности когда-то остановит рост и населения, и экономики. Рикардо допускал увеличение объемов сельскохозяйственного производства за счет вовлечения в оборот новых пахотных площадей и более капиталоемкого их использования. Однако отдача на капитал, по его мнению, будет неуклонно снижаться и до уровня понесенных затрат, а это приведет к стагнации и падению уровня жизни населения [Рикардо 1955].

Д. Милль, наряду со многими экономистами своей эпохи, считал, что экономическое развитие имеет пределы. Оно останавливается, если рост и обеспеченность природными ресурсами достигает некоего статического стационарного состояния. Милль, пожалуй, первым указал на возрастающую роль технологических инноваций, в том числе открытия новых источников сырья, для преодоления негативных эффектов, связанных с исчерпаемостью природных ресурсов.

А. Маршалл выделил проблему экстерналиев или «внешних эффектов», т. е. эффектов, оказывающих влияние на лиц, не вовлеченных в процесс разработки невозобновляемого ресурса. Путем реализации гибкой налоговой политики и субсидирования государство принуждает частных лиц действовать должным образом и тем самым регулирует интенсивность экстерналиев [Маршалл 1993].

Г. Хотеллинг поднял вопрос об общественной ценности природных ресурсов. Он утверждал, что рациональные производители (поставщики), предвидя в будущем дефицит истощаемого ресурса, будут стремиться замедлить темпы его добычи либо вообще сохранять его в ожидании роста цен в будущем. Рост цен, текущий и будущий, вызванный помимо истощения запасов ресурса сокращением его предложения на рынке, приведет к снижению объемов его потребления и обусловит переход потребителей на альтернативные субституты, применительно к природному газу – на конкурирующие виды топлива. Хотеллинг одним из первых увязал исчерпаемость природных ресурсов и государственное регулирование как инструмент рационального их использования [Hotelling 1931].

М. Хабберт предсказал, что для любой заданной географической области, как для отдельного месторождения, так и для всей планеты, график добычи нефти или газа по времени будет иметь колоколообразную форму: рост добычи и прохождение ее пика сменится снижением [Hubbert 1956]. Используя параметры своей модели, Хабберт в 1956 г. предсказывал достижение пика добычи нефти в США в 1965–1970 гг. Позднее он перенес

свой прогноз на 1995 г. Однако развитие технологий разведки и добычи углеводородов внесло свои коррективы в теорию пика нефти (рис. 1).

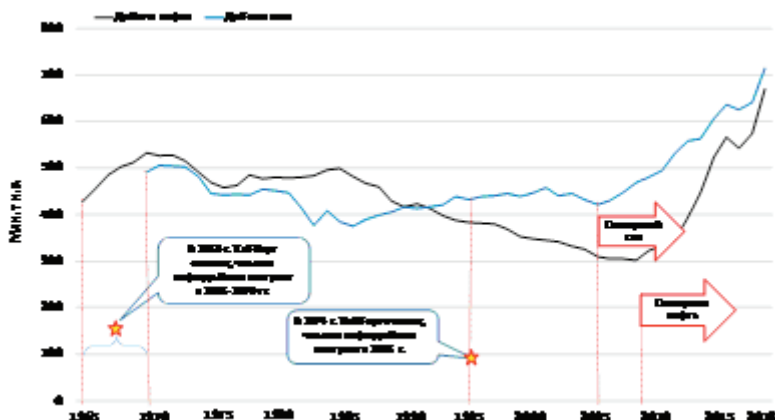


Рис. 1. Прогнозы М. Хабберта относительно пика нефтедобычи в США и факт.

Источник: по материалам BP Statistical Review of World Energy 2019 Workbook

Переосмысливание идей Хотеллинга и Хабберта началось чуть ли не с момента публикации ими своих работ. Так, Дж. Саймон считал, что в долгосрочной перспективе человеческая креативность будет постоянно улучшать уровень жизни, и в сущности ресурсы Земли безграничны («сырье всегда дешевле труда») [Саймон 2005].

Г. Барнетт и К. Морзе, исследовавшие долгосрочные ценовые тенденции целого ряда природных ресурсов, эмпирически доказали, что, несмотря на растущий дефицит ресурсов, цены на подавляющее большинство природных ресурсов с 1870 по 1957 г. не демонстрировали явного повышательного тренда, а иногда они снижались. Причиной тому, по их мнению, стал технологический прогресс, развитие которого «позволило бы преодолеть исчерпаемость природных ресурсов, увеличив их до бесконечности (ad infinitum)» [Barnett, Morse 1963].

*Ограниченность ресурсов
как стимул поиска новых технологий
по их разработке
и эффективному использованию*

В начале 1970-х гг. вновь возникло беспокойство по поводу истощения природных ресурсов. Д.Х. Медоуз и другие смоделировали 12 различных сценариев динамики роста населения и истощения ресурсов, из которых половина с разной степенью вероятности предсказывала движение человечества навстречу катастрофе. Избежать ее было возможно, только ограничив рост промышленного производства. И хотя в своих новых работах авторы скорректировали свои сценарии, их модель неоднократно критиковалась за игнорирование потенциала развития технологий, способных отодвинуть сроки истощения природных ресурсов [Медоуз и др. 1991].

Большинство российских ученых связывают проблему истощения углеводородных ресурсов с финансовыми, технологическими и методологическими. Как отмечают Симония и Жуков, «концепция истощения нефтяных ресурсов основана на игнорировании нетрадиционных источников нефти. Все разговоры об истощении нефтяных ресурсов, конце нефтяной эры и т. п. весьма далеки от реального положения дел. Сокращается прежде всего легко добываемая и поэтому более дешевая нефть» [Симония, Жуков 2008].

Костюк и др. утверждают, что обеспеченность природными энергоресурсами с позиций физики и геологии не вызывает сомнений. За последние 150 лет использовано только 8% традиционных ресурсов органического топлива и лишь 2% его общих запасов на Земле, включая нетрадиционные ресурсы (требующие применения новых технологий). Угрозы общей нехватки энергоресурсов на Земле нет, но существует реальность исчерпания запасов экономически приемлемой нефти, то есть проблема перемещается из области геологии в сферы готовности новых технологий, их экономической приемлемости и инвестиционного задела [Костюк, Макаров, Митрова 2012].

*Технологические инновации,
превращающие природный газ
в неисчерпаемый ресурс*

Масштабирование технологии СПГ привело к глубоким трансформациям структуры газовых рынков. Сформировался параллельный трубопроводному сегмент танкерной транспортировки газа, составляющий ему серьезную конкуренцию; в мировой газо-

вый баланс были вовлечены новые ресурсы, которые ранее считались технически и коммерчески недоступными; расширился состав субъектов международной торговли СПГ. В странах Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) возникли новые мировые центры газопотребления, базирующиеся исключительно на СПГ.

Экспансия СПГ создает предпосылки для конвергенции цен на газ, что ведет к коммодитизации природного газа в мировом масштабе. Ее критериями являются:

- 1) наличие агрегированного мирового баланса (единой кривой) спроса и предложения на этот товар. О таком балансе можно говорить, если изменение (либо прогноз изменения) объема спроса/предложения данного товара в одном регионе вызывает изменение цен и переориентацию направлений его транспортировки во всем мире;
- 2) наличие универсальной системы ценовой индикации, на сигналы которой ориентируются все продавцы и покупатели соответствующего товара, независимо от рынка, на котором они действуют. Центрами ценовой индикации на соответствующие коммодиты служат крупнейшие международные биржи [Еремин 2016].

Под воздействием СПГ баланс природного газа будет становиться все более глобально проектируемым. С учетом того, что управление балансом идет через мощное государственное вмешательство, свои геоэкономические позиции укрепят страны, контролирующие мировые потоки СПГ и выигрывающие внутриотраслевую конкуренцию по стоимости поставки. Сегодня глобальный баланс только начинает складываться. Дальнейшее развитие технологий СПГ, позволяющих вовлекать в коммерческий оборот ресурсы газа, находящиеся в труднодоступных районах Арктики, Африки, Океании и др., будет поддерживать достаточный объем предложения СПГ на мировых рынках, превращая газ в фактически неистощимый ресурс.

«Сланцевая революция» превращает добычу газа в производство промышленного продукта. Начавшаяся с 2000-х гг. разработка сланцевых плеев заставляет по-новому оценить мировую обеспеченность ресурсами газа. Если прежде она связывалась с обладанием месторождениями, которые можно коммерчески эффективно разрабатывать, то теперь она начинает зависеть главным образом от обладания технологиями сланцевой добычи, которые можно коммерчески эффективно использовать. С внедрением сланца производство газа превратилось из добычи природного ресурса, сконцентрированного на ограниченных площадях месторождений, в промышленное производство товарного продукта с географически весьма распределенной сырьевой базой (сланцевыми плеями). Все это заставляет по-новому

посмотреть на традиционные концепции истощаемости ресурсов, стоимость неразработанного ресурса и экономики природной ренты. Добыча сланцевых углеводородов, – отмечает Конопляник, – это привлечение в первую очередь не ресурсной (за счет «эффекта масштаба»), а технологической (за счет постоянного внедрения технических усовершенствований) ренты [Конопляник 2016].

Сланцевая революция, ставшая наиболее крупным технологическим прорывом в углеводородной энергетике последнего десятилетия, не только сдвигает сроки прохождения пика газа на неопределенное будущее, но и изменяет портрет мировой энергетики в целом. Главное, что грядущий пик, как и последующее снижение газодобычи, перестает быть функцией истощаемости углеводородных ресурсов. Реальное окончание эпохи использования газа будет зависеть не от истощения газа как природного ресурса, а от ограничений несколько иного порядка. Использование газа будет сдерживаться за счет снижения издержек производства энергии на базе альтернативных возобновляемых источников и ростом стоимости платы за выбросы парниковых газов в атмосферу.

Технологии конверсии электроэнергии из возобновляемых источников в синтетический метан. Технология Power-to-gas состоит в получении водорода или метана из воды методом электролиза. Полученный газ соответствует стандартам природного газа, может транспортироваться по действующей инфраструктуре (рис. 2).

Сегодня данная технология из экспериментальной стадии переходит в опытное применение. По данным Оксфордского института энергетических исследований, количество установок по производству синтетического газа в Европе в 2018 г. превысило сотню. Из них примерно 60% ориентированы на производство водорода и 40% – синтетического метана [Lambert 2018].

Страны АТР, наращивая усилия по расширению использования водорода, не только преследуют цели улучшения качества окружающей среды, но и цели ускорения экономического роста за счет широкого внедрения топливных элементов (Китай) и обеспечения энергетической безопасности за счет повышения эффективности, поддержки национальных отраслей промышленности (Япония).

Практическая неисчерпаемость ресурсов для производства синтетического газа служит базисом формирования новой «водородной энергетике», контуры которой начинают становиться все более отчетливыми.

Газогидраты – потенциально неисчерпаемый источник газа. Новые технологические решения открывают дорогу к использованию газогидратов, ресурсы которых на несколько порядков превышают ресурсную базу природного газа из прочих источников.

жет существенно повыситься в случае реализации технологических инноваций, снижающих себестоимость добычи, – с одной стороны, а с другой – в случае существенного повышения общего уровня цен на природный газ. Скорее всего, произойдет первое, поскольку в условиях расширения предложения газа из других источников цены на газ вряд ли сильно вырастут в обозримой перспективе. Тем не менее газогидратная революция, если таковая произойдет, то по своим масштабам и эффектам она сможет сравниться со сланцевой революцией. При этом ее влияние на структуру мировых газовых рынков может стать еще более глубоким. Коммерциализация газогидратов откроет дорогу к энергетической независимости ряда стран и регионов. Газогидраты позволят многим нынешним странам – импортерам газа стать независимыми от экспорта газа и выйти на новый уровень развития. А это кардинально реформирует границы ресурсной обеспеченности и изменит геополитическую ситуацию в мире.

Заключение

По сравнению с оценками 1980–1990 гг. сегодня проблема истощаемости природного газа как ресурса выглядит все менее актуальной, особенно по сравнению с энергетической безопасностью и устойчивым развитием в долгосрочной перспективе. Имеющиеся запасы традиционного и нетрадиционного газа могут обеспечивать потребности человечества еще многие десятилетия даже при существующем уровне энергоемкости производительных сил. Есть основания полагать, что в дальнейшем она будет снижаться. Риск дефицита ресурсов газа, вполне реальный еще 20–30 лет назад, сегодня нивелирован масштабным развитием СПГ и вовлечением в мировой газовый баланс сланцевого газа. Об этом более чем наглядно свидетельствуют фундаментальные показатели спроса и предложения, а также относительно низкий и стабильный уровень цен на газ, установившийся в 2010-х гг. на ключевых газовых рынках Америки, Европы и Азии. При возникновении признаков дефицита газа в будущем будут активизированы работы по расширению производства синтетического газа и добыче газа из газогидратов. Инновационный задел в этих сферах создан, его практическая реализация ждет подходящей ценовой конъюнктуры. Данные обстоятельства могут повлиять на стоимость запасов, поставленных на баланс производителями традиционного газа и, соответственно, на их рыночную капитализацию. Оценка рынком компаний – обладателей инновационных технологий, напротив, может повыситься за счет учета в их стоимости технологической ренты.

Литература

- Еремин 2016 – *Еремин С.В.* Станет ли природный газ товаром мировой биржевой торговли? // *Мировая экономика и международные отношения*. 2016. Т. 60. (№ 1). С. 82–92.
- Конопляник 2016 – *Конопляник А.А.* Цены на нефть: четыре фактора неопределенности. РБК, 18.07.2016 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rbc.ru/opinions/economics/18/07/2016/578cc8bf9a79470d56aca750?from=newsfeed> (дата обращения 12.09.2019).
- Костюк, Макаров, Митрова 2012 – *Костюк В.В., Макаров А.А., Митрова Т.А.* Энергетика и геополитика // *Академия энергетики*. 2012. № 1 (44). С. 46–59.
- Маршалл 1993 – *Маршалл А.* Принципы экономической науки. Т. 1 / Пер. с англ. М., Прогресс: Универс, 1993. 350 с.
- Медоуз и др. – *Медоуз Д., Медоуз Д., Рандерс Й., Беренс В.* Пределы роста. Проблемы человечества / Пер. с англ. М., 1991. 207 с.
- Рикардо 1955 – *Рикардо Д.* Сочинения: В 3 т. Т. 1: Начала политической экономии и налогового обложения / Пер. с англ. под ред. М.Н. Смит. М.: Госполитиздат, 1955. 360 с.
- Саймон 2005 – *Саймон Дж.* Неисчерпаемый ресурс / Пер. с англ. М.: Социум, 2005. 797 с.
- Симония, Жуков 2008 – *Симония Н.А., Жуков С.В.* Энергетическая безопасность глобализирующегося мира и Россия. М: ИМЭМО, 2008. 354 с.
- Barnett, Morse 1963 – *Barnett H., Morse C.* Scarcity and growth: The economics of natural resource availability. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1963. 350 p.
- Hotelling 1931 – *Hotelling H.* The Economics of Exhaustible Resources // *Journal of Political Economy*. 1931. Vol. 39. No. 2. pp. 137–175.
- Hubbert 1956 – *Hubbert M.K.* Nuclear Energy and the Fossil Fuels. Publication No. 95. Huston: Shell Development Company, 1956.
- Lambert 2018 – *Lambert M.* Power-to-Gas: Linking Electricity and Gas in a Decarbonising World? [Электронный ресурс] OIES. October 2018. URL: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2018/10/Power-to-Gas-Linking-Electricity-and-Gas-in-a-Decarbonising-World-Insight-39.pdf> (дата обращения 10.09.2019).

References

- Barnett, H. and Morse, C. (1963), *Scarcity and growth: The economics of natural resource availability*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, USA.
- Eremin, S.V. (2016), “Will natural gas be a world exchange commodity?”, *World Economy and International Relations*, vol. 60, (no. 1), pp. 82–92.
- Hotelling, H. (1931), “The Economics of Exhaustible Resources”, *Journal of Political Economy*, vol. 39, no 2.

- Hubbert, M.K. (1956), *Nuclear Energy and the Fossil Fuels*, Publication No.95, Shell Development Company, Huston, USA.
- Konoplyanik, A.A. (2016), *Tseny na neft: chetyre factora neopredelyonnosti* [Oil prices. Four factors of uncertainties], [Online], RBC, 07.18.2016, available at: <http://www.rbc.ru/opinions/economics/18/07/2016/578cc8bf9a79470d56aca750?from=newsfeed> (Accessed 12 September 2019).
- Kostyuk, V.V., Makarov, A.A. and Mitrova, T.A. (2012), *Energetika i Geopolitika* [Energy and Geopolitics], Academy of Energy, no. 1 (44), pp. 46-59.
- Lambert, M. (2018), "Power-to-Gas: Linking Electricity and Gas in a Decarbonising World?" [Online] OIES, available at: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2018/10/Power-to-Gas-Linking-Electricity-and-Gas-in-a-Decarbonising-World-Insight-39.pdf> (Accessed 9 October 2019).
- Marshall, A. (1993), *Printsipy ekonomicheskoy nauki* [Principles of economics], Transl. from English, Progress, Univvers, Moscow, Russia.
- Meadows, D., Meadows, D., Randers, I. and Berens, V., (1991) *Predely rosta. Problemy chelovechestva* [Limits of growth. The Complex Situation of Humanity], Translation from English, Moscow State University, Moscow, Russia.
- Ricardo D. (1955), *Works*, in 3 vols., vol. 1: *Nachala politicheskoy ekonomii i yalogovogo oblozhenia* [Principles of Political Economy and Taxation], trans. under ed. of M.N. Smith. M.: Gospolitizdat, Moscow, Russia.
- Simon, J. (2005), *Neischerpayemyi Resurs* [The Inexhaustible Resource], trans. from English, Socium, Moscow, Russia.
- Simonia, N.A. and Zhukov, S.V. (2008), *Energeticheskaya bezopasnost globaliziruyuschegosya mira I Rossia* [Energy Security of the Globalizing World and Russia] Moscow, IMEMO RAS, Russia

Информация об авторе

Сергей В. Еремин, доктор экономических наук, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия; 119991, Россия, Москва, Ленинский пр., 65; eremin.s@gubkin.ru

Information about the author

Sergey V. Eremin, Dr. of Sci. (Economics), Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russia; bld. 65, Leninskii Av., Moscow, Russia, 119991; eremin.s@gubkin.ru