

УДК 339.56:550.8

## Геолого-математическое моделирование газового рынка стран Европейского союза

Ю.Б. Силантьев<sup>1\*</sup>, Т.О. Халошина<sup>1</sup>, Г.Р. Пятницкая<sup>1</sup>, О.Г. Кананыхина<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Российская Федерация, 142717, Московская обл., Ленинский р-н, с.п. Развилковское, пос. Развилка, Проектируемый пр-д № 5537, вл. 15, стр. 1

\* E-mail: O\_Kananykhina@vniigaz.gazprom.ru

**Ключевые слова:** европейский рынок, регрессионный анализ, моделирование потребления газа.

**Тезисы.** Высокий спрос на российский газ в странах Европейского союза (ЕС) в значительной мере обусловлен высокой (до 80 %) выработанностью запасов газа в этих странах. Разведанность ресурсов превышает 70 %. Собственная добыча газа обеспечивает 58,1 % потребностей ЕС. В настоящее время на газ приходится до 20 % топливно-энергетического баланса стран ЕС. В таких условиях спрос на газ удовлетворяется за счет экспортных поставок газа из России, стран Азии, Африки и Америки.

В 2016 г. из 427,1 млрд м<sup>3</sup> импортируемого странами ЕС газа более 170 млрд м<sup>3</sup> приходилось на РФ. Очевидно, что объемы экспорта газа в значительной мере влияют на долговременное планирование геологоразведочных работ. В этой связи актуален прогноз динамики спроса на газ, методология которого в настоящее время характеризуется значительными погрешностями. В статье с целью повышения надежности прогнозирования предлагается моделировать спрос на основе регрессивного анализа.

Ретроспективный (за период 2005–2015 гг.) анализ динамики спроса на газ в основных странах ЕС – потребителях газа позволил обособить среди них два кластера: 1) Германия, Великобритания и Италия (45 % потребления газа в ЕС); 2) Франция, Нидерланды и Испания (27 % потребления газа). Для каждой из этих стран получены временные регрессионные зависимости спроса линейного и нелинейного (степенного) характера.

Полученные зависимости позволяют прогнозировать уровень спроса на газ в 2025–2055 гг. По сравнению с линейной регрессией степенная регрессия показывает менее значимое сокращение потребления газа. Эта модель в значительной мере учитывает систематические факторы, а именно: энергосбережение, альтернативную энергетику и т.п. Однако имеется также ряд несистематических факторов: климат, ограничение добычи (например, на месторождении Гронинген из-за угрозы повышения локальной сейсмичности) и др.

Представленные результаты прогнозирования указывают на возможность создания комплексной методологии долговременного прогнозирования спроса на газ в основных регионах его потребления и корректировки исходных показателей планирования геологоразведочных работ в странах – производителях газа.

Развитие геологоразведочных работ (ГРП) применительно к конкретному виду полезных ископаемых зависит от динамики спроса, в том числе геологоразведка газа в большинстве газодобывающих стран зависит от объема внутреннего потребления и экспортных обязательств, т.е. внешнего спроса на газ.

Одним из крупнейших мировых регионов потребления газа является Европейский союз (ЕС). При этом более половины потребляемого газа страны ЕС вынуждены импортировать. Очевидно, что динамика газового рынка ЕС косвенно определяется объемами прироста запасов в странах экспорта газа, в том числе и в РФ. В предлагаемой статье рассмотрены результаты прогнозирования с использованием геолого-математических (регрессионных) методов спроса на газ в основных странах ЕС до 2055 г. Отметим, что моделирование имеет вероятностный характер.

В 2016 г. компания «Газпром» поставила в европейские страны рекордный объем газа – более 173 млрд м<sup>3</sup> (по контрактам ООО «Газпром экспорт» и Gazprom Schweiz), превысив на 12,5 % (20 млрд м<sup>3</sup>) уровень поставок 2015 г. Часть российского газа страны ЕС (Словакия, Польша и др.) реэкспортировали на Украину. В значительной мере увеличение объемов российского газа обусловлено ухудшением собственных добычных возможностей основных газодобывающих стран Западной Европы (Нидерландов, Германии, Великобритании), добыча газа в которых за последние

10 лет уменьшилась с 252,0 (2005 г.) до 227,0 (2015 г.) млрд м<sup>3</sup>.

Снижение добычи газа в Европе обусловлено ухудшением ресурсно-добычного потенциала: высокой разведанностью начальных потенциальных ресурсов и выработанностью запасов газа, которые в целом по странам ЕС в 2017 г. оценивались соответственно в 71,2 и 78,9 %. Наиболее резко сократилась добыча газа в Германии и Великобритании (более чем на 30 %). Падение добычи газа в Нидерландах связано с ограничением добычи из-за повышения сейсмоопасности в районе базового месторождения Гронинген. Из стран ЕС лишь Норвегия увеличила добычу (на 37 %) с 85,0 в 2005 г. до 117,0 млрд м<sup>3</sup> в 2015 г. [1]. Перспективы увеличения добычи газа в Норвегии ограничены невысоким уровнем ее обеспеченности – 15,3 года.

Высокая освоенность ресурсно-добычного потенциала стран ЕС указывает на перспективы открытия преимущественно малых скоплений газа, минимизируя вероятность увеличения собственной добычи. В настоящее время собственная добыча обеспечивает 58,1 % потребностей Европейского континента. В таких условиях удовлетворение спроса на газ происходит за счет экспортных поставок [2].

С целью снижения спроса на газ (в том числе импортозависимости) и повышения энергобезопасности в странах ЕС реализуются программы газосбережения, а также инновационного развития энергетики, в том числе на основе использования альтернативных энергоресурсов: возобновляемых источников энергии (ВИЭ), биогаза и т.п. [3].

В настоящее время среди первичных энергоресурсов в структуре топливно-энергетического баланса (ТЭБ) стран ЕС газ уступает лишь нефти и углю (рис. 1). Отмечается высокая доля инновационной энергии: 27 % с учетом и 16 % без учета гидроэнергии. На угольную энергетику в странах ЕС приходится меньше 11 %. Наиболее высокое потребление угля характерно для «угольных» стран: Польши (52,4 %), Чехии (39,4 %), Болгарии (35,4 %) и Германии (24,4 %). Эти страны стоят перед проблемой повышения экологичности своего ТЭБ за счет расширенного использования газа.

В настоящее время на газ приходится 19,8 % потребляемых в странах ЕС первичных энергоресурсов. Обособляются четыре кластера

стран (в основном по убыванию относительных объемов потребления газа): А, В, С и D.

**Кластер А** включает пять стран, из которых две – Нидерланды и Великобритания – добывают до 40 млрд м<sup>3</sup> газа каждая. Две страны (Литва и Венгрия) более 40 лет развивали свою энергетику на дешевом советском газе; в настоящее время они пытаются диверсифицировать источники газа. Италия обеспечивает собственные потребности за счет поставок газа из Северной Африки транссредиземноморскими газопроводами («Трансмед»), а также с Ближнего Востока на регазификационные терминалы Венеции и Генуи.

**Кластер В** включает шесть стран Восточной (в том числе Турцию) и Центральной Европы, в структуре ТЭБ которых на газ приходится от 20 до 30 %. Значительные объемы газа (до 10 млрд м<sup>3</sup>) добываются лишь в Румынии, которая практически полностью удовлетворяет свой спрос на газ за счет собственной добычи. В эту группу входит также крупнейший европейский импортер газа (в основном российского) – Германия, которая в 2016 г. импортировала более 99,0 млрд м<sup>3</sup> трубопроводного газа (при собственной добыче более 6,6 млрд м<sup>3</sup>).

В странах **кластеров С и D** в структуре ТЭБ на газ приходится менее 20 %. Две страны этих кластеров – Норвегия и Дания – экспортировали в 2016 г. 116,8 млрд м<sup>3</sup> газа, в том числе 6,3 млн т сжиженного природного газа (СПГ) на рынки ЕС. Низкое потребление газа в Швеции, Финляндии, Норвегии и Франции обусловлено развитием гидро- и атомной энергетики [4].

Структура каждого из выделенных кластеров обусловлена историческими различиями в формировании ТЭБ, особенностями современного топливно-энергетического комплекса и освоенностью минерально-сырьевой базы газа (в странах, где открыты его месторождения).

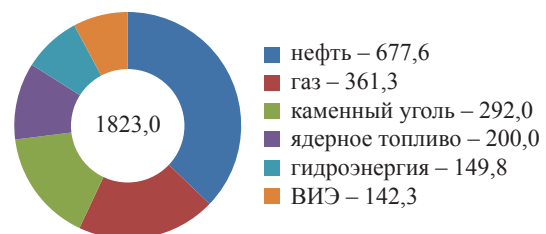


Рис. 1. Евросоюз: потребление первичной энергии в 2015 г., млн т нефтяного эквивалента

Значительную роль играют структура источников газа, наличие собственного ресурсно-добычного потенциала, в том числе особенности его жизненного цикла, и ареалы влияния внешних источников (импорта) газа.

В 2016 г. Европа импортировала 461,2 млрд м<sup>3</sup> газа, в том числе 56,4 млн т СПГ. Наиболее крупными экспортерами сетевого газа являлись Российская Федерация (166,1 млрд м<sup>3</sup>), Норвегия (99,3 млрд м<sup>3</sup>), Нидерланды (38,0 млрд м<sup>3</sup>) и Алжир (32,5 млрд м<sup>3</sup>), на которые приходилось более 82,3 % объемов импортируемого ЕС газа. Большую часть импорта СПГ (93,8 %) в страны Европы обеспечивали Катар (23,7 млн т), Алжир (14,9 млн т), Нигерия (7,1 млн т) и Норвегия (4,1 млн т) [1].

Структура импорта сетевого газа шести ведущих экономических стран ЕС – Германии, Франции, Великобритании, Испании, Италии и Нидерландов – представлена на рис. 2. На трубопроводные поставки приходится до 88 % импорта газа стран ЕС. Около 40 % трубопроводных поставок газа обеспечивает Российская Федерация (рис. 3). В поставках СПГ преобладает импорт из Катара (55,5 %) и стран Африки (19,4 %). В 2016 и 2017 гг. значительно увеличились поставки газа по межконтинентальным газотранспортным системам (ГТС) из Алжира и внутрирегиональным ГТС из Нидерландов, Норвегии и Дании. Уменьшились трубопроводные поставки газа из Великобритании. Сократились поставки СПГ из Катара при увеличении поставок из Норвегии.

Наиболее крупные объемы импорта сетевого газа приходятся на Германию и Италию, а основные объемы импорта СПГ – на Испанию и Великобританию. Значимые объемы распределяются в результате внутриевропейского реэкспорта газа. Наиболее крупными внутренними (без Норвегии) экспортерами сетевого газа с 2015 г. являются Нидерланды (40,6 млрд м<sup>3</sup>) и Германия (29,0 млрд м<sup>3</sup>), а СПГ – Испания (1,6 млрд м<sup>3</sup>) [1].

Наибольшим числом экспортеров характеризуются иберийский и апеннинский рынки газа. Испания импортирует газ из 10 стран, а Италия – из 13 стран. Отметим четыре региональных вектора импорта газа:

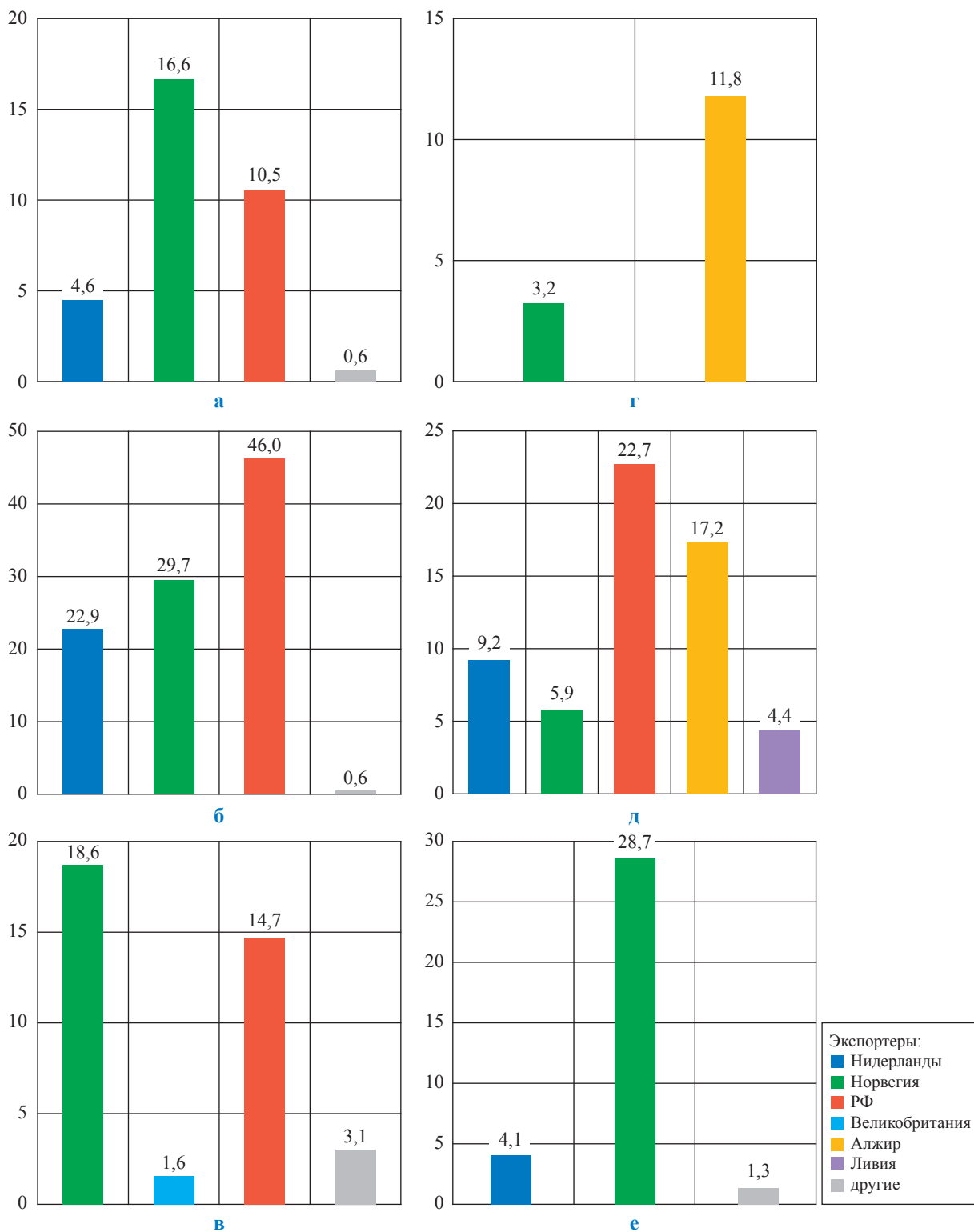
- российский,
- африканский,
- ближневосточный;
- внутриевропейский – норвежский и нидерландский.

В перспективе доля ГТС в обеспечении газового рынка ЕС будет снижаться из-за рекламируемого США экспорта сланцевого газа даже при реализации проектов «Северный поток», «Южный коридор» (из стран Каспийского региона и др.). Увеличение поставок СПГ обусловлено политикой ЕС на расширение альтернативных российским ГТС источников газа и формированием экспортных возможностей на другой стороне Северной Атлантики (США, Канада), имеющим также антироссийскую (антигазпромовскую) направленность. Северо-Американский экспорт в перспективе создаст четвертый вектор импорта для стран ЕС.

По данным ИНЭИ РАН, объем экспорта СПГ из США и Канады на европейский рынок в ближайшее десятилетие превысит 40 млрд м<sup>3</sup>. Данные объемы будут обеспечены добычей нетрадиционного газа с параллельной модернизацией импортных терминалов восточного побережья США в комплексы СПГ и экспортные терминалы. В последние годы уже осуществлены единичные поставки североамериканского СПГ на рынки ЕС (Португалии, Испании и Италии). Однако в настоящее время импорт СПГ из США ограничен его перепроизводством в мире, высокими затратами на транспортировку и низкими ценами спотового газа. В этой связи мощность СПГ-комплексов на 50 % превышает объемы поставок СПГ. Отметим низкую заинтересованность в американском СПГ ряда ведущих экономик ЕС: Германии, Франции и др. Балтийские терминалы СПГ (Польша и Литва) в настоящее время показывают низкую эффективность.

Ожидаемое снижение темпов экономического роста основных стран еврозоны и неоднозначность европейской энергетической политики, направленной на декарбонизацию энергетики – уменьшение роли ископаемых видов топлива, лимитируют использование газа. Сокращению использования газа способствуют также реализуемые программы энергосбережения. Среднегодовые темпы роста спроса снижаются. К 2040 г. суммарный прирост спроса на газ не превысит 15 %. Для сравнения в странах Азиатско-Тихоокеанского региона потребление газа увеличится в три раза и более.

Для оценки перспективного спроса на газ в странах ЕС предлагается использовать ретрорегрессионный анализ. В 1980-е годы во ВНИИГАЗе в лаборатории В.Л. Соколова активно развивалось геолого-



**Рис. 2. Географическая структура ГТС-импорта, млрд м³:  
а – Франция; б – ФРГ; в – Нидерланды; г – Испания; д – Италия; е – Великобритания**

математическое направление обеспечения ГРП (М.О. Хвилевичкий, Т.В. Гудымова, О.М. Григорьева, Ю.Б. Силантьев). В данной статье частично использована методология геолого-математического моделирования,

адаптированная под задачи прогнозирования рынка (и связанных с ним проблем развития минерально-сырьевой базы). На рис. 4 показана сравнительная динамика спроса на газ в шести странах ЕС – Великобритании, Германии,

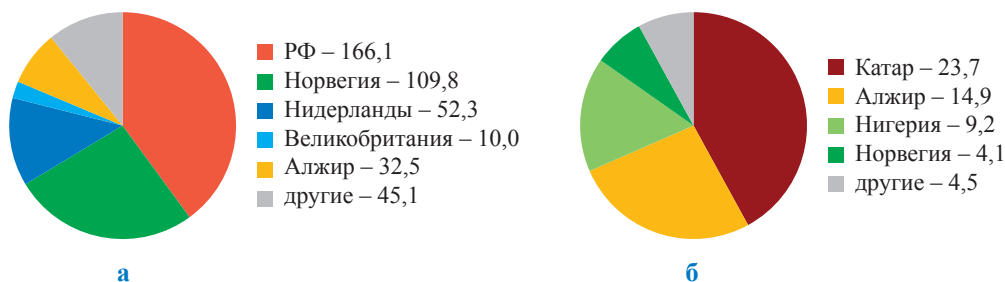


Рис. 3. Европейский союз. Структура импорта газа: а – ГТС, млрд м³; б – СПГ, млн т

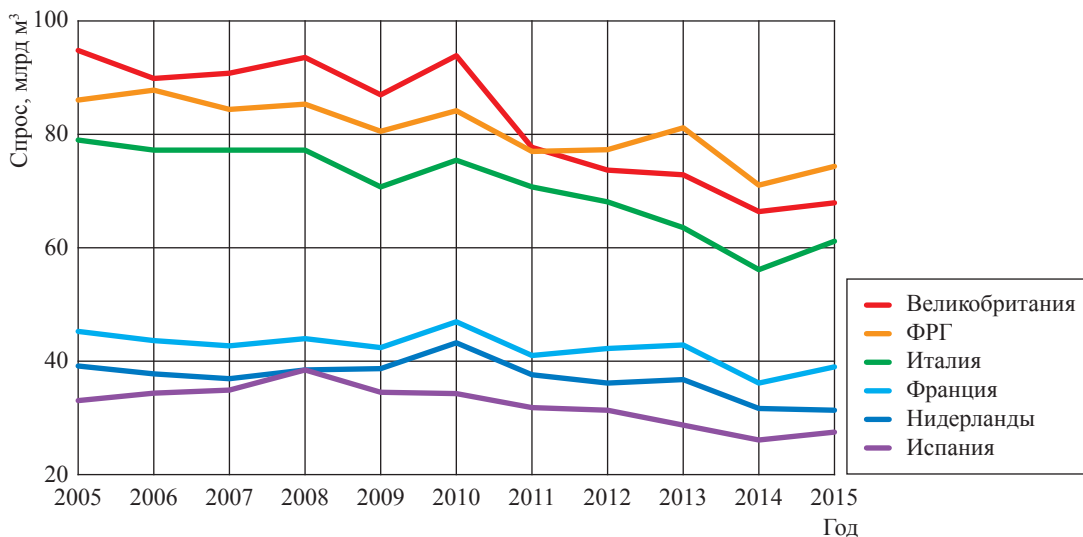


Рис. 4. Зависимость спроса на газ от времени для шести основных газопотребляющих стран Европы. Аппроксимация уравнениями линейной и степенной регрессии

Италии, Франции, Нидерландах и Испании, на которые приходится более 90 % газопотребления Евросоюза, с 2005 по 2015 гг.

Результаты регрессионного анализа позволяют обособить две группы (триады) стран. Первая триада стран включает Германию, Великобританию и Италию, для которых характерен повышенный спрос на газ, который суммарно в 2005 г. превышал 260 млрд м³, а с 2016 г. снизился до 220 млрд м³. Полученные уравнения линейной регрессии характеризуются отрицательными коэффициентами линейной регрессии от минус 1,41 (Германия) до минус 2,99 (Великобритания) и высокими (более 77 %) коэффициентами корреляции  $R^2$ . Следовательно, в Великобритании отмечается более высокий темп снижения спроса на газ: от 94,0 млрд м³ в 2005 г. до 76,7 млрд м³ в 2015 г.; увеличение импорта в 2014–2016 гг. обусловлено уменьшением собственной добычи газа до 36,6 млрд м³.

Вторая триада стран включает Францию, Нидерланды и Испанию, для которых характерны меньшие коэффициенты линейной регрессии – от минус 0,609 до минус 0,894 –

и сравнительно невысокие коэффициенты корреляции – от 0,485 (Франция) до 0,625 (Испания) (см. табл. 1). Таким образом, эти страны характеризуются меньшими темпами снижения спроса на газ: от 120 млрд м³ в 2005 г. до 105 млрд м³ в 2015 г. Свободные члены полученных уравнений линейной регрессии коррелируются с уровнем спроса на газ в 2005 г. [1].

Дополнительно сопоставлены степенные регрессионные зависимости, имеющие более адаптивный характер по сравнению с линейными. В табл. 1 сопоставлены уравнения линейной и степенной регрессии спроса для рассмотренных шести стран в период 2005–2015 гг.

Отмечаются совпадения свободных членов линейной и коэффициентов нелинейной (степенной) регрессионных зависимостей. Полученные уравнения регрессии позволяют экстраполировать уровень спроса в 2015 г. на 2025, 2035, 2045 и 2055 гг. (табл. 2). Различия спроса в 2015 и 2016 гг. связаны с аномальными флуктуациями (30%-ным снижением добычи на месторождении Гронинген, сезонами резкого похолодания и т.п.). При

экстраполяции учитывался временной тренд замедления спроса.

Результаты прогноза на основе ретроспективного (регрессионного анализа) указывают на возможное в первой половине текущего столетия существенное (трехкратное) снижение спроса на газ в шести основных европейских странах – потребителях газа. Прогнозируется, что в середине XXI в. уровень годового спроса на газ в странах ЕС сократится до 150,0...200,0 млрд м<sup>3</sup>.

Линейное прогнозирование обладает наибольшей погрешностью из-за меньшей адаптивности. В табл. 3 представлены результаты прогнозирования на основе степенной регрессии. Модель степенной регрессии указывает на менее значимое (по сравнению с линейной моделью) уменьшение потребления

газа (до 30 % к 2055 г.) в рассматриваемых странах. Таким образом, к середине столетия уровень годового спроса на газ в странах ЕС сократится до 250...300 млрд м<sup>3</sup> (экстремальный вариант).

В рамках регрессионного анализа дополнительно проанализирована динамика спроса на первичные энергетические ресурсы (ПЭР) для шести стран ЕС. Коэффициенты корреляции достаточно высокие: от 0,811 (Нидерланды) до 0,924 (Великобритания), исключение составляет Германия – 0,4053 (рис. 5). Сравнительно слабо уменьшается потребление ПЭР в Нидерландах, Германии, Франции и Испании (см. рис. 5), для которых характерно более интенсивное развитие инновационной энергетики. В странах ЕС планируется отказ от использования атомной

Таблица 1

#### Сопоставление уравнений линейной и степенной регрессии спроса по шести основным газопотребляющим странам ЕС (см. рис. 4)

Страна	Линейная регрессия	Нелинейная регрессия
Великобритания	$y = -2,99x + 100,750$	$y = -103,26x^{-0,1444}$
Германия	$y = -1,4145x + 89,478$	$y = -90,533x^{-0,071}$
Италия	$y = -2,1045x + 83,373$	$y = 85,081x^{-0,119}$
Франция	$y = -0,6182x + 46,318$	$y = -46,569x^{-0,058}$
Нидерланды	$y = 0,6091x + 40,978$	$y = -40,769x^{-0,058}$
Испания	$y = -0,8845x + 37,853$	$y = -37,59x^{-0,094}$

Таблица 2

#### Результаты прогнозирования спроса на газ по шести странам – основным потребителям газа в ЕС, млрд м<sup>3</sup> (линейная регрессия)

Страна	Реальный спрос 2015 г. (2016 г.)	Прогноз			
		2025 г.	2035 г.	2045 г.	2055 г.
Франция	39,1 (42,6)	33,5	28,2	23,5	18,1
Германия	74,6 (80,5)	62,7	51,8	43,6	35,4
Италия	61,4 (64,5)	46,5	34,5	27,3	20,6
Нидерланды	31,8 (33,6)	26,2	21,8	17,3	13,2
Испания	27,6 (28,0)	20,8	15,7	12,3	9,5
Великобритания	68,3 (76,7)	54,1	39,2	30,8	24,2

Таблица 3

#### Результаты прогнозирования динамики спроса в шести странах ЕС – основных потребителях газа, млрд м<sup>3</sup> (степенная регрессия)

Страна	Спрос 2015 г.	Прогноз			
		2025 г.	2035 г.	2045 г.	2055 г.
Франция	39,1	33,5	32,1	29,2	24,5
Германия	74,6	72,2	67,8	59,9	50,2
Италия	61,4	56,4	52,1	45,6	40,4
Нидерланды	31,8	28,6	25,6	23,2	20,7
Испания	27,6	25,4	23,5	21,5	19,6
Великобритания	68,3	57,2	55,8	48,7	42,5

энергии, которая будет компенсироваться преимущественно газом. Таким образом, отмечается стабильный уровень спроса на ПЭР, возможен лишь внутренняя перестройка ТЭБ.

Современный период развития газового рынка характеризуется значительным сокращением собственной добычи газа в странах ЕС. Особенно резко (почти в 2 раза) она уменьшилась в Великобритании (см. рис. 4). Отметим, что за счет собственной добычи Великобритания сравнительно недавно обеспечивала до 90 % своих потребностей в газе. В 2015 г. этот показатель уменьшился до 60 %. Уровень самообеспечения Нидерландов газом (добыча/потребление) в 2013 г. достигал 180 %, за два года он снизился до 140 % (рис. 6), что позволяет стране все еще оставаться крупным внутрирегиональным экспортером.

К 2050–2060 гг. запасы газа в Великобритании и Нидерландах будут практически выработаны, ресурсы Норвегии значительно истощены. В меньшей степени будут выработаны ограниченные запасы газа Германии, Италии и др. Таким образом, большая часть спроса на газ будет компенсироваться относительно дешевым газом из стран СНГ, прежде всего России, и стран Персидского залива. Не исключен прогресс в регионализации источников газа: российский газ обеспечивает Германию и ряд стран Восточной и Центральной Европы, каспийский газ – Балканы, африканский газ – Южную Европу, а СПГ – приатлантические страны ЕС. Это обуславливает создание мощных региональных (узловых) центров (хабов) европейской системы газораспределения: юго-

восточного, северо-восточного, центрального и юго-западного (опирающихся на систему евразийских ГТС), южного (СПГ и транссредиземноморские ГТС), западного и северо-западного (СПГ). Хабы должны быть объединены системой субрегиональных ГТС, частично связанных с СПГ-терминалами. Отметим, что Балтийский хаб (Клайпеда и Свиноуйсце) оказался нерентабельным, так как он разместился в сфере влияния российских ГТС с их более дешевым по сравнению с катарским и североамериканским СПГ газом. Это доказывает, что основным с точки зрения становления и развития региональной хаб-системы ЕС является географо-экономический фактор, а не геополитический.

Очевидно, что на формировании хаб-системы сказывается влияние российского газа, в том числе реализация планов строительства ГТС: «Северного» и «Южного» потоков, на базе которых возможно формирование Северо-Германского и Балканского хабов. Функционирование мощного, созданного в советское время Прикарпатского хаба не имеет перспектив из-за сложностей с украинским транзитом. Не исключено, что его деятельность будет ограничена лишь реэкспортом российского газа на Украину (из стран ЕС). Таким образом, перед ПАО «Газпром» стоит задача «мягкого» (косвенного) управления формированием систем хабов стран ЕС (с учетом опыта неудачного сотрудничества с Болгарией и т.п.).

В этой связи предложенный метод ретроспективно-математической оценки спроса на газ (на основе регрессионного анализа)

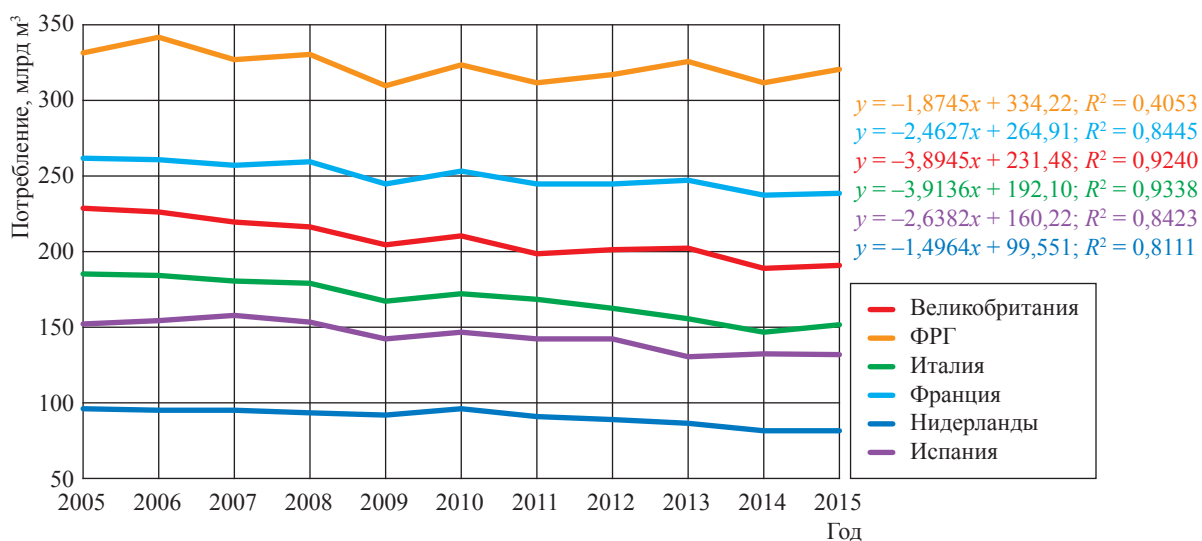


Рис. 5. Западная Европа. Динамика спроса на ПЭР: вариант линейно-регрессионного моделирования

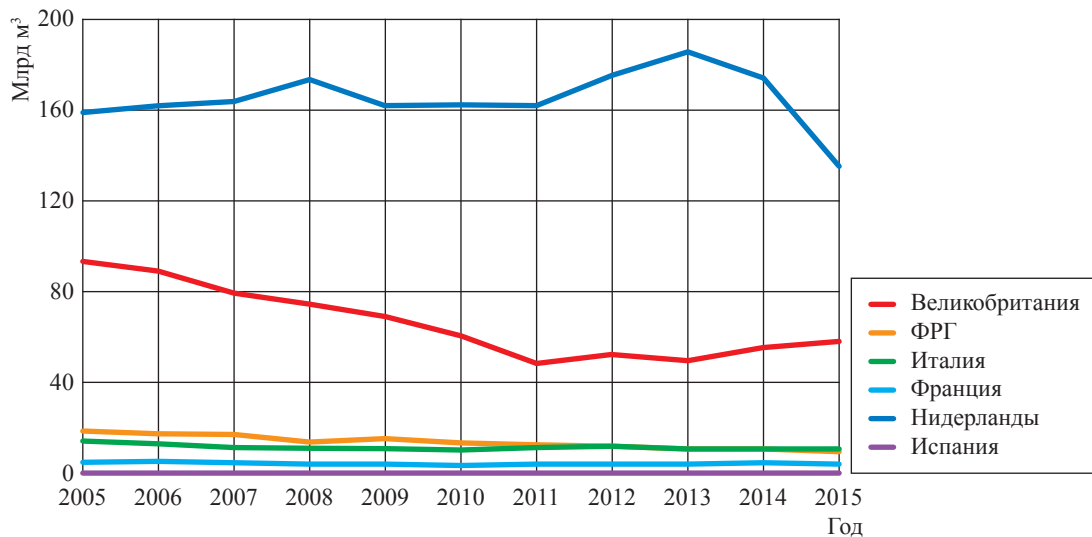


Рис. 6. Динамика самообеспечения ведущих стран ЕС газом (2005–2015 гг.)

следует рассматривать в качестве базового. Задача повышения его точности предопределена необходимостью анализа многофакторной системы параметров (ресурсы, запасы, добыча, спрос, инновационная энергетика и др.). В настоящее время отмечается низкая эффективность современной методологии прогнозирования в энергетике. Например, прогноз должен учитывать влияние возобновляемых источников энергии (ВИЭ), однако на сегодняшний момент такое влияние оказывается слабым и пространственно дифференцированным. Невозможность учета этого и других параметров обуславливает крах прогнозных систем Мирового энергетического агентства, ОПЕК и др. Слабоэффективным оказывается также сценарное прогнозирование газовой ситуации [4].

Представленная информация указывает на многофакторность моделирования спроса на газ. Возможно, появление новых факторов позволит рассматривать развитие газового рынка ЕС в более оптимистичном ключе.

Объемы внутреннего потребления газа контролируются внедрением инновационной энергетике (передача энергии). С другой стороны, ряд государств отказывается от использования атомной энергии (ФРГ, Швеция, Италия и др.). В ФРГ это обусловит увеличение спроса на газ на 35 %. Современный бюджетный кризис в ЕС ограничивает дотации в развитие ВИЭ. В настоящее время лишь четыре государства ЕС характеризуются высоким развитием ВИЭ: Германия, Испания, Италия и Великобритания.

Перспективы развития внутренней крупномасштабной добычи газа связаны лишь с Норвегией, запасы которой весьма ограничены. Фактически добыча газа в стране вышла «на полку» и в ближайшие годы будет снижаться, выработанность начальных запасов газа превышает 56 %. Прирост крупных запасов газа маловероятен, так как разведанность начальных суммарных ресурсов газа достигает 80 %. Отметим, что значительная часть (45 %) прогнозных (неоткрытых) ресурсов приходится на глубоководный шельф. Аналогично низким ресурсно-добычным потенциалом обладает другой европейский газовый донор – Нидерланды, выработанность запасов и разведанность ресурсов которого уже сейчас оцениваются соответственно в 80 и 87 %.

В этих условиях страны ЕС вынуждены увеличивать импорт газа, в том числе из России, так как она показала себя надежным поставщиком газового сырья. Однако параллельно страны ЕС с целью достижения надежности газобеспечения продолжают развивать альтернативную структуру источников газа. Представленные результаты ретроспективного (регрессионного) анализа позволяют актуализировать объемы экспорта газа ПАО «Газпром», разработать мероприятия по хеджированию (страховке) экспортных поставок и внести коррективы в корпоративные (среднесрочные) программы ГРР. Целесообразно уже сейчас планировать привязку, в том числе регионализацию, направлений и объектов развития минерально-сырьевой базы к конкретным зонам (хабам) потребления ЕС.



## Список литературы

1. BP Statistical review of World Energy 2015. – <https://www.bp.com/en/global/corporate/media/speeches/bp-statistical-review-of-world-energy-2015.html>
2. Кулагин В.А. Газовый рынок Европы: утраченные иллюзии и робкие надежды / В.А. Кулагин, Т.А. Митрова и др. – М.: НИУ ВШЭ: ИНЭИ РАН, 2015. – 85 с.
3. Жуков С.В. Мировой рынок природного газа, новейшие тенденции / С.В. Жуков. – М.: ИНЭИ РАН, 2009. – 107 с.
4. Андрианова И.Н. Регулирование рынка газа Европейского союза в условиях расширения и углубления интеграции: автореф. ... к.э.н. / И.Н. Андрианова. – М.: РЭУ им. В.Г. Плеханова, 2005. – 25 с.

## Geological-mathematical modelling of EU gas market

Yu.B. Silantsev<sup>1</sup>, T.O. Khaloshina<sup>1</sup>, G.R. Pyatnitskaya<sup>1</sup>, O.G. Kananykhina<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Gazprom VNIIGAZ LLC, Bld. 1, Estate 15, Proyektiruemyy proezd no. 5537, Razvilka village, Leninsky district, Moscow Region, 142717, Russian Federation

\* E-mail: O\_Kananykhina@vniigaz.gazprom.ru

**Abstract.** High demand for Russian gas in the states of the European Union (EU) is notably derived from considerable (up to 80%) depletion of gas reserves in these countries. Maturity of resource exploration exceeds 70 %. Own gas production provides 58,1 % of EU demand. Nowadays, up to 20 % of EU energy balance accrues to gas. Within this framework the gas demand is satisfied with export supply from Asia, Africa, America and RF.

In 2016, among  $427,1 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> of gas being imported by the EU countries some  $159,8 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> came from Russian Federation. Obviously, amounts of gas exports considerably influence the long-time planning of geological prospecting. That's why forecasting of gas demand dynamics is rather topical now, but unfortunately its current methodology is rough. So, to increase reliability of forecasts, it is suggested to simulate demand using regression analysis.

Retrospective (2005–2015) analysis of gas demand dynamics in the main gas-consuming counties of Europe enabled the authors to single out two clusters of countries: 1) Germany, United Kingdom and Italy, which consume together 45 % of gas in EU; 2) France, The Netherlands and Spain consuming 27 % of gas correspondingly. For each country the temporal regression linear and power-law functions of demands were obtained.

These functions give opportunity to predict gas demand in 2025–2055. In comparison with the linear one, the power-law function shows smaller dropping of gas consumption. This model considerably accounts systematic factors, namely: energy saving, alternative energetics, etc. Yet, there are also few occasional factors, such as the climate, limitation of production (for example, at Groningen gas field due to a threat of local seismic intensity amplification), etc.

The presented forecasts testify to a possibility to create a complex procedure aimed at long-range forecasting of gas demand in the main regions of its consumption, and correction of initial planned targets of geological prospecting works in the gas producing countries.

**Keywords:** European market, regression analysis, modeling of gas consumption.

## References

1. *BP Statistical Review of World Energy 2015* [online]. Available from: <https://www.bp.com/en/global/corporate/media/speeches/bp-statistical-review-of-world-energy-2015.html>
2. KULAGIN, V.A., T.A. MITROVA et al. *Gas market of Europe: lost illusions and shy expectations* [Газовый рынок Европы: утраченные иллюзии и робкие надежды]. Moscow: Higher School of Economics, Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences, 2015. (Russ.).
3. ZHUKOV, V.S. *Global market of natural gas, last trends* [Мировой рынок природного газа, новейшие тенденции]. Moscow: Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences, 2009. (Russ.).
4. ANDRIANOVA, I.N. *Regulating gas market of European Union when integration enlarges and deepens* [Регулирование рынка газа Европейского союза в условиях расширения и углубления интеграции]: synopsis of candidate thesis (engineering). Moscow: Plekhanov Russian University of Economics, 2005. (Russ.).