

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМЕЩЕНИЯ ГАЗА УГЛЕМ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ БАЛАНСЕ**

**В.Д. Маршак, В.А. Крюков, А.В. Кузнецов**

*ИЭОПП СО РАН*

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект № 11-02-120114)*

### **Аннотация**

С использованием системы оптимизационных моделей анализа и прогнозирования денежных потоков исследуется эффективность перевода части генерирующих мощностей топливно-энергетического комплекса с газа на уголь. В рамках данного исследования авторами проводился сценарный анализ, предполагающий необходимость увеличения экспортных поставок природного газа в условиях дефицита времени для оперативного удовлетворения возросшего спроса сверх объемов по заключенным долгосрочным контрактам с учетом сохранения объемов внутренней генерации электрической и тепловой энергии. Сделаны оценки эффективности процесса с точки зрения консолидированного бюджета РФ, газодобычи и энергетики.

**Ключевые слова:** топливно-энергетический баланс, оптимизационные модели, регионы, структура генерирующих мощностей, оценки эффективности изменения структуры мощностей

### **Abstract**

The paper analyses, by applying a system of optimization models for cash flow analysis and forecasting, how effective a transfer of a part of the power generating capacities from gas to coal would be. We present a scenario analysis assuming both an increase of a gas export under a deficit of the time required to

cover the demand exceeding those under the contracts already concluded, and the same volume of electric and thermal power produced. We assess the efficiency of such process from the point of view of the RF consolidated budget and gas and power producers.

**Keywords:** energy budget, optimization models, regions, structure of generating capacities, efficiency estimations of the changed structure of capacities

Большинство прогнозов развития мировой экономики в целом и российской экономики в частности предполагают значительное увеличение потребности в энергетических ресурсах. Общеизвестно, что Россия входит в число стран, обладающих значительными энергетическими ресурсами, и занимает лидирующие позиции по объемам их добычи. Разведанные запасы и прогнозные ресурсы нефти, угля и газа априори ставят Россию в ряд значимых игроков на рынке энергетических ресурсов.

Богатство выбора порождает проблему выбора. Это касается как соотношения объемов добычи различных энергетических ресурсов, так и направлений их последующего использования – от отраслевой структуры потребления и до структуры экспорта. Одной из чрезвычайно актуальных является задача проведения сценарного анализа последствий изменения экспорта углеводородного сырья. Экспорт углеводородов определяется не только спросом на внешних рынках, но и структурой их использования внутри страны. Верно и обратное: изменение экспорта означает появление альтернативы в выборе источника первичной энергии для переработки в электрический и тепловой вид и решение задачи предпочтения одного вида топлива (природного газа) другому (углю) по заданным критериям.

В рамках данного исследования авторами проводился сценарный анализ, предполагающий необходимость увеличения экспортных поставок природного газа в условиях дефицита времени для оперативного удовлетворения возросшего спроса сверх объемов по заключенным долгосрочным контрактам с учетом сохранения объемов внутренней генерации электрической и тепловой энергии.

Если рассмотреть структуру топливно-энергетического баланса России (рис. 1), то в ней заметны изменения, произошедшие на протя-

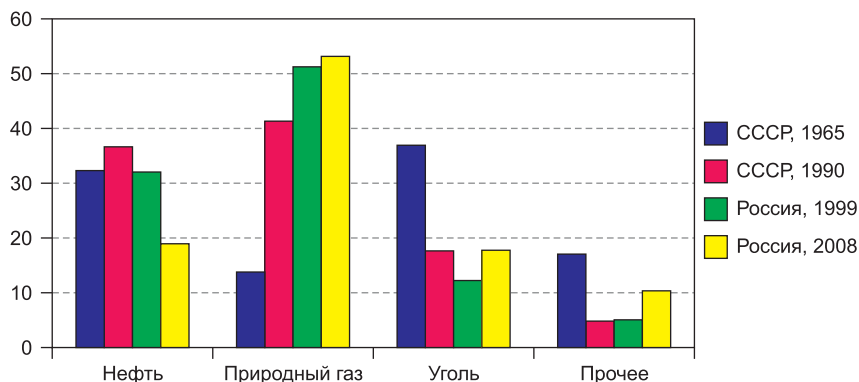


Рис. 1. Структура топливно-энергетического баланса России (СССР)

Источники: [1, 2]

жении последних 50 лет, связанные с существенным увеличением в ТЭБ доли природного газа и снижением доли угля. Однако наличие потенциального дополнительного экспортного рынка при сохранении дисбаланса цен на природный газ на внутреннем и внешнем рынках позволяет получить дополнительные доходы в бюджет в виде налоговых поступлений от его реализации.

Удовлетворение дополнительного спроса возможно через наращивание добычи природного газа и ввод в эксплуатацию новых месторождений, а также через снижение внутреннего потребления газа. Одним из основных резервов снижения внутреннего потребления является увеличение генерации энергии на альтернативных природному газу источниках первичной энергии, в частности на угле. Другой резерв – общее повышение эффективности технологий производства энергии, их модернизация на основе современных и инновационных принципов, применение оборудования с увеличенным коэффициентом полезного действия (например, повсеместный переход на парогазовый цикл). Однако данная альтернатива лежит за рамками предмета настоящего исследования.

По прогнозам ведущих нефтегазовых компаний, в ближайшей перспективе потребление газа будет увеличиваться высокими темпами. Так, согласно прогнозу «Shell» [3], к 2020 г. мировой спрос на газ

увеличится на 25%, а к 2030 г. составит 4,5 трлн куб. м. Международное энергетическое агентство прогнозирует мировой спрос на газ в 2013 г. на уровне 1578 млрд куб. м. При этом рост потребления газа в Европе будет более медленным, чем в странах Азиатско-Тихоокеанского региона и Северной Америке. В Азии основным потенциальным рынком сбыта природного газа является Китай. Согласно прогнозам, потребление природного газа в Китае к 2015 г. составит не менее 230 млрд куб. м, из которых на импорт будет приходиться около 90 млрд куб. м, в то время как потребление газа в 2011 г. оценивается на уровне 130 млрд куб. м [4].

Важным фактором, способным оказать существенное влияние на потенциальное увеличение объемов потребления природного газа, является замещение мощностей атомной энергетики на альтернативные (тот же природный газ, возобновляемые источники энергии и, несомненно, уголь). По прогнозам МЭА, к 2015 г. спрос на газ превысит предложение.

Альтернативой природному газу как источнику первичной энергии может выступать уголь, по запасам которого Россия лидирует в мире. В настоящее время доля использования угля в электроэнергетике в России составляет около 27%, тогда как в других странах, обладающих значительными запасами энергетического угля, наблюдается преобладание именно угольной генерации. Например, в КНР на угольных ТЭС вырабатывается около 70% энергии, а в США – около 50% [5].

На рисунке 2 представлен баланс распределения природного газа в России в 2008 г.: видна существенная направленность его на внутреннее потребление, в основном на генерацию тепла и энергии. На рисунке 3 представлен баланс распределения угля в России в 2008 г.

В соответствии с поставленной задачей в рамках изучения эффективности изменения структуры использования энергетических ресурсов проводилось исследование на системе моделей анализа и прогнозирования денежных потоков. Система состояла из оптимизационной «точечной» народно-хозяйственной модели [6, 7], рассчитываемой на 6 лет (2008–2013 гг.), и народно-хозяйственной межрегиональной модели в разрезе федеральных округов (при этом Москва учитывалась

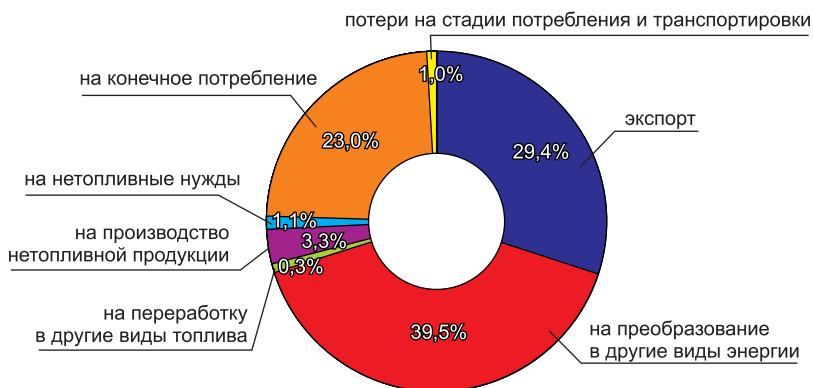


Рис. 2. Баланс распределения природного газа в России, 2008 г.

в качестве отдельного региона). По расчетам динамической народно-хозяйственной модели формировался вектор ограничений для межрегионального уровня. Расчет межрегиональной модели проводился для каждого отдельного года анализируемого периода. Данная схема расчетов выбрана в силу большой размерности межрегиональной модели, которую пришлось бы решать на весь рассматриваемый период (6 лет). Так, если размерность «точечной» динамической модели составляла 400 ограничений на расчетный период в 6 лет, то

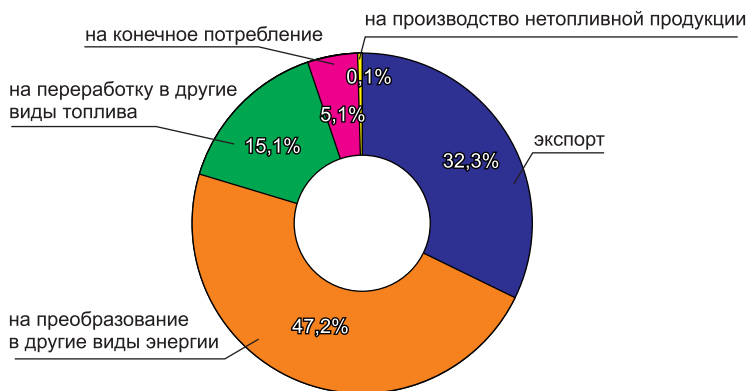


Рис. 3. Баланс распределения угля в России, 2008 г.

межрегиональной на один год – 370. Динамическая межрегиональная модель была бы сформирована с числом ограничений около 2000. С одной стороны, это превышает возможности используемого пакета математического программирования, а с другой стороны, неясны проблемы с точностью при расчете задач такой размерности.

Региональные блоки связаны как общесистемными ограничениями (экспорт, импорт, федеральный бюджет, фонд поддержки регионов, валютная биржа, центральный банк, внешние инвестиции), так и возможными способами транспортировки ресурсов между регионами (финансовыми, товарами и услугами, энергетическими ресурсами). В указанных моделях описывается деятельность агентов рынка: сектора производства товаров и услуг, финансового сектора, общественного сектора и сектора домашних хозяйств. Функционирование каждого из агентов рынка задается системой уравнений и ограничений. В совокупности они описывают процесс расширенного воспроизводства как движение денежных средств. При этом учитывается взаимодействие всех основных участников процесса: производителей товаров и услуг; банков, включая Центральный банк РФ; валютной биржи; пенсионных, страховых и инвестиционных фондов; импортеров и экспортеров; домашних хозяйств; государства в лице регионов и федерального центра (бюджет, налоги, фонд развития) [8, 9].

Взаимодействие агентов представлено в модели как совокупность денежных потоков, возникающих в экономике в процессе расширенного воспроизводства. Так, например, денежные доходы домашних хозяйств определяются как поступления от участия в процессе производства товаров и услуг, доходы от собственности и социальные трансферты. В результате реализации этих средств происходит оплата товаров в объеме розничного товарооборота и услуг. Эти денежные средства поступают на расчетные счета предприятий, с которых осуществляется уплата налогов, формирование оборотного капитала, выплаты по заемным средствам, финансирование капитального строительства, выплата дивидендов по привлеченным инвестициям. Другая часть денежных доходов населения затрачивается на уплату налогов и обязательные платежи, на сбережения в фор-

ме покупки ценных бумаг, на прирост депозитов и приобретение наличной валюты. Данные сбережения формируют как вторичные доходы населения (дивиденды, проценты по вкладам, курсовая разница от продажи валюты), так и соответствующие финансовые ресурсы (инвестиции, пассивы банков в рублях и валюте). Описание подобных циклов в формировании и использовании денежных средств по всем стадиям их преобразования с учетом внешних и внутренних условий, накладываемых на данные процессы, является по своей сути моделью денежного обращения.

Для проведения сценарных расчетов, связанных с оценкой различных направлений использования энергетических ресурсов, в секторе производства товаров и услуг выделен топливно-энергетический блок: нефтедобыча и нефтепереработка, газодобыча, добыча угля, выработка электроэнергии и тепла. Выработка электроэнергии представлена АЭС, ГЭС и ТЭС. Причем в последних учтены мощности, работающие как на газе, так и на угле. Аналогично учитываются мощности ТЭЦ и котельных. При описании функционирования ТЭС учитывается, что на данных объектах одновременно производятся и электроэнергия, и тепло.

В нашем случае межрегиональная модель призвана прежде всего отразить влияние транспортного фактора на эффективность процесса изменения структуры топливно-энергетического баланса. Учтена возможность транспортировки энергоресурсов (кроме тепла) из региона добычи (выработки) в любой другой. Способ транспортировки энергоресурсов учитывает расстояние, цену в регионе добычи, стоимость перевозки и потери при транспортировке. Эти затраты, связанные с доставкой ресурсов с учетом их объемов, расстояния доставки и цены ресурсов, списываются с объединенного расчетного счета региона-потребителя и перебрасываются на расчетный счет региона-поставщика.

Расчеты проводились на период 2008–2013 гг. В качестве базовой информации использовались данные за 2008 г. Источники информации – статистический ежегодник Госкомстата РФ [10], данные Центрального банка РФ [11]; информация по нефтегазовому сектору [9], по финансовым и технико-экономическим данным, касающимся ТЭК,

взята из годовых отчетов компаний, а также из аналитических отчетов соответствующих НИИ [12–18].

Расчеты модели осуществлялись как решение задачи линейного программирования с критерием на максимум системной эффективности использования финансовых ресурсов (максимум финансовой маржи) в постоянных ценах 2008 г.

На период 2008–2009 гг. учитывались сокращение экспорта, импорта, снижение мировых цен на энергоносители, ставки рефинансирования и курса рубля относительно доллара и евро.

Цель проведения расчетов состояла в получении системных оценок эффективности перевода части ТЭС и ТЭЦ с газа на уголь и определении доли этой замены при принятых условиях и предположениях. В результате расчетов был получен топливно-энергетический баланс для каждого года расчетного периода. В таблице 1 представлен баланс на 2013 г., рассчитанный в рамках определения прогнозного плана развития экономики РФ на 2008–2013 гг.

Отметим, что для определения объема выработанной энергии в модели учитывались в региональном разрезе как имеющиеся мощ-

Таблица 1

**Топливо-энергетический баланс РФ на 2013 г. при базовом соотношении газа и угля в генерации электроэнергии и тепла**

Показатель	Природное топливо				Выработанная энергия		
	Нефть, млн туг	Газ, млн туг	Уголь, млн туг	В с е г о, млн туг	Электро- энергия, млрд кВтч	Тепло- энергия, млрд Гкал	В с е г о, млн туг
Произведено ре- сурсов	550,62	727,47	315,78	<b>1830,65</b>	1432,00	1350,00	<b>694,06</b>
Производственное потребление	99,23	496,33	223,30	858,75	818,58	695,59	385,37
Конечное потреб- ление	34,80	49,39	3,62	109,10	131,00	654,84	142,44
Экспорт	416,59	181,76	88,86	862,81	482,59	–	166,25



Таблица 2

**Топливо-энергетический баланс РФ на 2013 г. при ежегодном переводе 1% генерирующих мощностей с газа на уголь**

Показатель	Природное топливо				Выработанная энергия		
	Нефть, млн туг	Газ, млн туг	Уголь, млн туг	В с е г о, млн туг	Электро- энергия, млрд кВтч	Тепло- энергия, млрд Гкал	В с е г о, млн туг
Произведено ре- сурсов	550,62	727,47	324,71	<b>1836,42</b>	1481,00	1340,00	<b>709,27</b>
Производственное потребление	104,74	488,25	235,00	863,07	825,08	645,22	380,12
Конечное потреб- ление	34,80	49,39	3,62	109,10	147,48	695,05	154,09
Экспорт	411,08	189,83	88,86	864,25	508,15	–	175,06

ности АЭС, ГЭС, ТЭС, ГРЭС, ТЭЦ и котельных, так и возможный ввод новых.

В таблице 2 приведен топливо-энергетический баланс на тот же расчетный год при условии, что ежегодно переводится с газа на уголь 1% мощностей по генерации электроэнергии и тепла.

Как видно из табл. 1 и 2, при неизменном объеме добычи газа происходят сокращение его производственного потребления на 8,08 млрд куб. м и, соответственно, увеличение добычи угля на 8,94 млн т. В то же время в генерации электроэнергии и тепла потребление угля возрастает на 11,7 млн т. Согласно расчетам, дополнительно 3 млн т угля поступает в генерацию электроэнергии и тепла за счет снижения норм его потребления в производстве.

В целом по народному хозяйству замещение газа углем ежегодно на 1% генерирующих мощностей приводит, согласно расчетам, к увеличению ежегодного объема ВВП на 482 млрд руб., доходов бюджета – на 70 млрд. Такая программа потребует, в свою очередь, 413 млрд руб. капиталовложений за расчетный период (расчеты проводились в постоянных ценах 2008 г.).

Удельные капиталовложения, направляемые на перевод мощностей ТЭЖ с газа на уголь, рассчитывались по данным [12] как разность удельных капиталовложений на ввод единицы мощности ТЭС на газе (700 долл. США / кВт·ч) и ТЭС на угле (1050 долл./кВт·ч), а также ТЭЦ на газе (1150 долл./кВт·ч) и на угле (1650 долл./кВт·ч).

В результате реализации программы по ежегодному 1%-му переводу генерирующих мощностей с газа на уголь повысилась нагрузка на железнодорожные перевозки угля – на 5,8 млн т, что увеличило затраты на перевозку только угля на 0,33 млрд руб. Общие же затраты на транспортировку энергоресурсов возросли на 4,47 млрд руб.

Переключение части объема добытого газа с внутреннего потребления на экспорт приведет к увеличению доходов бюджета в силу разницы экспортных и внутренних цен, что ясно и без расчетов. Согласно принятому прогнозу роста цен в 2013 г. эта разница составит около 200 долл. США за 1000 куб. м. Следовательно, дополнительно будет получено 1,6 млрд долл. Таким образом, чистая прибыль газодобычи от дополнительного объема экспорта составит примерно 11,5% [9], или 0,52 млрд руб.

Энергетики получают более дешевое топливо – также в соответствии с прогнозом динамики цен. Экономия на топливе с учетом коэффициентов перевода газа и угля в условное топливо составит около 25 млрд руб. Потребность же в инвестициях на перевод генерирующих мощностей с газа на уголь, как уже отмечалось выше, составит 413 млрд руб. за анализируемый период, или 69 млрд руб. в год. Другими словами, 44 млрд руб. в год энергетики будут компенсировать за счет дополнительного роста тарифов.

Данные расчеты носят весьма агрегированный характер и отражают принципиальную сторону процесса. Более точные оценки могут быть получены при формировании сметы затрат с учетом особенностей конкретных объектов и технических решений.

Замещение природного газа углем в топливно-энергетическом балансе регионов страны потребует дополнительных затрат на охрану окружающей среды. Однако если использовать экологически чистые технологии сжигания угля при производстве энергии, то эти затраты могут быть минимизированы [19].

## Литература

1. **Энергетическая** стратегия развития России на период до 2030 года. – URL: [http://www.energystrategy.ru/projects/docs/ES-2030\\_\(utv.\\_N1715-p\\_13.11.09\).doc](http://www.energystrategy.ru/projects/docs/ES-2030_(utv._N1715-p_13.11.09).doc) (дата обращения 03.06.2011).
2. **Попов В.В., Сафонов Ю.Г.** Проблемы развития и эффективного использования минерально-сырьевой базы России. – М.: ИГЕМ РАН, 2003. – 202 с.
3. URL: <http://www.trubagaz.ru/issue-of-the-day/mirovoj-j-pros-na-gaz-prognozy-ot-shell-bp-i-ica/> (дата обращения 05.04.2011).
4. URL: <http://www.trubagaz.ru/issue-of-the-day/kitaj-j-perejjdet-na-gaz-pljus-25-kazhdyy-j-god/> (дата обращения 05.04.2011).
5. **Минеральные** ресурсы России // Экономика и управление. – 2010. – № 3. – URL: <http://www.techart.ru/files/publications/91-93.pdf> (дата обращения 15.04.2011).
6. **Кулешов В., Маршак В.** Финансовые аспекты прогнозирования темпов экономического роста // Вопросы экономики. – 2002. – № 11. – С. 31–45.
7. **Кулешов В., Маршак В.** Моделирование роста российской экономики // Вопросы экономики. – 2006. – № 12. – С. 54–60.
8. **Маршак В.Д.** Анализ критериев межбюджетных связей // Регион: экономика и социология. – 2010. – № 4. – С. 38–44.
9. **Крюков В., Маршак В.** Оценка параметров развития нефтегазового сектора // Вопросы экономики. – 2010. – № 7. – С. 87–94.
10. URL: <http://www.gks.ru> ( дата обращения 25.06.2011).
11. URL: <http://www.cbr.ru> (дата обращения 25.06.2011).
12. URL: [http://www.creativeconomy.ru/mag\\_arch/RP%202005/tp0512/12.pdf](http://www.creativeconomy.ru/mag_arch/RP%202005/tp0512/12.pdf) (дата обращения 20.03.2011).
13. URL: <http://www.rushydro.ru/file/main/global/company/management/general-meeting/overpast/> (дата обращения 03.04.2011).
14. URL: [http://www.ogkl.com/docs/annual\\_report\\_ru\\_2008.pdf](http://www.ogkl.com/docs/annual_report_ru_2008.pdf) (дата обращения 03.04.2011).
15. URL: <http://kgo.rcb.ru/2009/page.asp?Go=194> (дата обращения 15.03.2011).
16. URL: [http://www.ogk-4.ru/ogk/UserFiles/AR\\_OGK4\\_2009.pdf](http://www.ogk-4.ru/ogk/UserFiles/AR_OGK4_2009.pdf) (дата обращения 13.04.2011).
17. URL: <http://www.rosenergoatom.ru/> (дата обращения 15.03.2011).
18. URL: <http://www.mosenergo.ru/catalog/12632.aspx> (дата обращения 03.04.2011).
19. **Журавель Н.М., Накорякова В.К.** Эколого-экономические последствия доминирования угля в энергетике Сибири // Регион: экономика и социология. – 2010. – № 4. – С. 275–292.

*Рукопись статьи поступила в редколлегию 18.08.2011 г.*

© Маршак В.Д., Крюков В.А., Кузнецов А.В., 2011