

ПЕРСПЕКТИВЫ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДО 2040 г.

© 2014 г. А. Макаров, А. Галкина, Е. Грушевенко,
Д. Грушевенко, В. Кулагин, Т. Митрова, С. Сорокин

Представлена методология и основные результаты второго российского Прогноза развития мировой энергетики на период до 2040 г., определены возможные изменения конъюнктуры основных энергетических рынков и выявлены угрозы для экономики и энергетики России в связи с их трансформацией.

Ключевые слова: долгосрочный прогноз, экономика, энергетика, энергетические рынки, цены, нефть, газ, ТЭК.

Россия является одним из крупнейших участников международных энергетических рынков. Масштабы экспорта продукции топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и его уникальная роль в формировании бюджета страны делают исследование будущего мировой энергетики чрезвычайно важным не только при разработке стратегии развития ТЭК, но и для прогнозирования развития российской экономики в целом.

Ситуация в мировой энергетике в последние годы претерпевает серьезные изменения. Глобальный кризис сопровождался резкими скачками цен на углеводороды, произошло заметное замедление роста спроса и обострение конкуренции на традиционных для России региональных энергетических рынках, а главное – новые технологии уже перекраивают международную торговлю углеводородами в неблагоприятном для нас направлении. Поэтому сейчас особенно актуальны глубокие исследования возможных вариантов развития мировых энергетических рынков и разработка регулярно актуализируемых прогнозов мировой энергетики на собственной исследовательской базе. Именно эти соображения побудили Институт энергетических исследова-

ований Российской академии наук (ИНЭИ РАН) разработать методологию долгосрочного прогнозирования перспектив развития мировых энергетических рынков и совместно с Аналитическим центром при Правительстве Российской Федерации (АЦП) в инициативном порядке подготовить Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 г. (далее – Прогноз-2013) [1].

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Особенность методологии Прогноза-2013 – не столько прогнозирование производства и потребления отдельных энергоресурсов, сколько исследование конъюнктуры рынков топлива (жидкого, газового и твердого) и прогноз цен, что представляется более актуальным при коренной трансформации мировых энергетических рынков и усилении конкуренции между отдельными энергоресурсами.

Основная цель Прогноза-2013 – оценить тренды мировых рынков углеводородов (то есть основных энергоресурсов, экспортируемых Россией), их изменения при ожидаемых технологических прорывах и последствия для энергетики и экономики страны. Для этого были разработаны:

1) базовый сценарий развития мировой энергетики и топливных рынков – преимущественно на основе уже освоенных энергетических технологий;

2) версии базового сценария в случае успеха/провала назревших технологических прорывов в производстве и потреблении углеводородов и их заменителей (“сланцевый прорыв”, “сланцевый провал”, “электромобильный мир” и др.);

МАКАРОВ Алексей Александрович, академик РАН, директор ИНЭИ РАН, Москва (Makarov_ire@zmail.ru);
ГАЛКИНА Анна Александровна, ИНЭИ РАН, Москва (anne.galkina@gmail.com);
ГРУШЕВЕНКО Екатерина Валерьевна, ИНЭИ РАН, Москва (e.grushevenko@gmail.com);
ГРУШЕВЕНКО Дмитрий Александрович, ИНЭИ РАН, Москва (grushevenkod@gmail.com);
КУЛАГИН Вячеслав Александрович, ИНЭИ РАН, Москва (vakulagin@yandex.ru);
МИТРОВА Татьяна Алексеевна, кандидат экономических наук, ИНЭИ РАН, Москва (mitrovat@me.com);
СОРОКИН Сергей Николаевич, ИНЭИ РАН, Москва (ser.sorokin@yahoo.com).

3) прогнозы развития энергетики России при рассмотренных трансформациях мировых рынков топлива с оценкой их влияния на экономику страны.

Базовый сценарий развития энергетических рынков выполнен на блоке прогнозирования мировой энергетики модельно-информационного комплекса *SCANER* [2, 3] с существенно развитыми методами прогнозирования энергопотребления, моделями рынков жидкого [4, 5], газообразного и твердого топлива, блока электроэнергетики, частных и сводных топливно-энергетических балансов крупнейших стран и регионов мира.

Равновесия производства и потребления, а также равновесные цены топлив рассчитаны по всем региональным топливным рынкам. Выполнен анализ их чувствительности к изменению наиболее важных ресурсных и технологических факторов и оценена роль основных участников рынков, особенно российских. По сравнению с предыдущими исследованиями [6, 7], в Прогнозе-2013 продлен временной горизонт, а также значительно развиты информационная база, модельный аппарат и методы прогнозирования.

Спрос на энергию. Ключевой для энергетического прогноза показатель – спрос на разные виды энергии – естественно (но не однозначно) определяется динамикой демографии и экономики страны, региона или мира в целом. Основным драйвером роста энергопотребления служит повышение благосостояния населения, при этом главным демографическим показателем является численность населения, а развитие экономики с известной условностью характеризует валовой внутренний продукт (ВВП)¹. Соответственно, ключевыми удельными показателями для прогноза энергопотребления являются душевое энергопотребление и энергоемкость ВВП.

Оценка прогностических свойств названных показателей была выполнена для мира в целом по статистике с 1955 г.² (период вдвое больше прогнозного периода) и показала, что динамика *численности населения* мира хорошо описывается линейной зависимостью и лишь после 2030 г. от нее отклоняется средний прогноз ООН, принятый здесь базой для расчетов энергопотребления. Динамика же *душевого энергопотребления* неплохо описывается степенной и хуже – линейной зави-

симостями, но их расхождение к 2040 г. достигает 15% и не позволяет доверять лишь *демографическому прогнозу* энергопотребления. Напротив, *ретроспектива ВВП* хорошо описывается степенной и приемлемо – линейной зависимостями, но эти тренды дают более чем двукратное расхождение значений ВВП в 2040 г. *Экономическому прогнозу* энергопотребления не помогает даже отличная прогнозируемость *энергоемкости ВВП* – уже более полувека она практически монотонно уменьшается на 1.2% в год.

Наш подход совмещает демографический и экономический прогнозы энергопотребления: сначала по каждой группе стран для полученной ООН динамики населения согласуются между собой прогнозы а) по душевому энергопотреблению и б) через душевой ВВП и его энергоемкость, а затем сумма страновых прогнозов взаимно согласовывается с независимым прогнозом энергопотребления мира.

Идея согласования прогнозов состоит в следующем: результатом прогноза являются не только тренды, но и диапазоны отклонений от них рассматриваемых показателей, и доверие к прогнозу энергопотребления тем больше, чем меньше он отклоняется в пределах этих диапазонов³ от трендов, полученных разными методами прогнозирования. Технически для такого согласования стандартными средствами *Excel* решается задача оптимизации: найти в пределах прогнозных диапазонов, полученных демографическим и экономическими методами, динамику энергопотребления, минимально отличную от их трендов.

По среднему сценарию последнего демографического прогноза ООН [8] в 2040 г. население планеты достигнет 8.9 млрд. человек при существенном изменении его качественных характеристик. В Прогнозе-2013 для расчетов энергопотребления использованы тренды изменения численности населения, экономики и энергетики по 67 группам стран за последние 30 лет. По нему и экстраполированным трендам среднедушевых показателей каждой группы стран определены статистические тренды и доверительные интервалы (диапазоны) будущих значений ВВП, а также потребления первичной энергии, электроэнергии и нефтепродуктов. Дублирующие прогнозы спроса сделаны аналогично на основе постранных трендов объемов и энергоемкости ВВП.

¹ В работе расчет ВВП и цен на энергоресурсы осуществлен в постоянных долларах США 2010 г.

² До этого периода демографические, энергетические и особенно экономические (ВВП) данные весьма условны и разрознены, а энергетика мира еще не оформилась как единая система.

³ Условие является существенным, поскольку при несовместимости диапазонов от одного из методов нужно отказаться.

Итоговые прогнозные значения получены согласованием в пределах найденных диапазонов размеров энергопотребления, во-первых, по каждой группе стран при его расчете по душевому потреблению и по энергоемкости ВВП и, во-вторых, суммы спроса всех групп стран и независимых демографического и экономического прогнозов мирового энергопотребления. Обнаруженные в Прогнозе-2013 отклонения от исторических трендов основных социальных характеристик энергетики – душевого энергопотребления и энергоемкости ВВП – получили удовлетворительное объяснение по миру в целом и для основных энергетических рынков.

Производство энергии и конъюнктура энергетических рынков. Система прогнозирования производства энергии и конъюнктуры мировых энергетических рынков состоит из пяти основных блоков, позволяющих проводить согласованный расчет показателей на базе методов оптимизации, эконометрического анализа и балансового подхода. Информационная база имеет большую территориальную детализацию: в ней выделены 12 стран СНГ, 37 стран Европы, всего 147 стран и регионов мира. Основой ретроспективной информации по большинству зарубежных энергетических показателей являются данные МЭА.

Блок энергетических балансов, во-первых, описанным выше методом рассчитывает спрос на первичную энергию, электроэнергию, жидкие топлива (нефтепродукты и др.), газ и твердые топлива и, во-вторых, по результатам работы остальных блоков сводит топливно-энергетические балансы для рассматриваемых стран, регионов и мира в целом. Этот блок готовит прогноз собственно развития энергетики по странам и миру в целом и информационно интегрирует работу остальных блоков.

Блок электроэнергетики в его текущей версии балансирует спрос на электроэнергию по странам и регионам с эффективными размерами ее производства разными технологиями электрогенерации. Поскольку использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и атомной энергии сильно политизировано, их прогнозы рассчитываются в отдельных модулях с учетом действующих, строящихся и планируемых мощностей, а также предположений об экономической эффективности и энергетической политике отдельных стран. Важной задачей блока является определение потребности электростанций в основных видах топлива с показателями их конкурентоспособности.

Блок жидкого топлива включает мировую оптимизационную модель *World Oil Model (WOM)*, описывающую варианты добычи традиционной, сланцевой и других типов нетрадиционной нефти по 778 месторождениям и районам, ее переработку на 872 нефтеперерабатывающих заводах в 6 видов нефтепродуктов и распределения по 86 узлам потребления жидких топлив (76 стран) с использованием свыше 2000 маршрутов трубопроводного, железнодорожного и морского транспорта. В модели минимизируются суммарные издержки по всей цепочке удовлетворения потребностей в нефтепродуктах – с учетом экономически эффективного их замещения альтернативными энергоносителями на транспорте. Особое внимание уделяется условиям замещения нефтетоплива газом и электроэнергией.

Для оценки версий успеха технологических прорывов и количественной оценки ожидаемых изменений конъюнктуры топливных рынков в модель включены варианты изменения объемов производства, потребления и замещения всех энергоресурсов при реализации новых способов добычи нетрадиционных ресурсов нефти, производства синтетического жидкого топлива и биотоплива, а также эффективных накопителей электроэнергии на транспорте (с оценкой необходимых для осуществления этих прорывов технико-экономических характеристик новых технологий). Модель позволяет прогнозировать конъюнктуру рынков жидкого топлива с расчетом равновесия спроса и предложения, объемов международной торговли, равновесных цен нефти и нефтепродуктов разного качества, а также состава основных игроков и их рыночной силы.

Блок газового топлива включает модель мирового рынка газа (ММРГ), которая рассчитывает оптимальное обеспечение спроса на газ в 192 узлах потребления газа (147 стран) при его конкуренции на электростанциях с твердым топливом, ВИЭ и атомной энергией с использованием передовых технологий освоения традиционных и нетрадиционных ресурсов на 504 месторождениях и районах добычи газа – при его транспортировке по 393 газопроводам и 1916 маршрутам танкеров от 201 завода по производству сжиженного природного газа (СПГ). Модель решает для рынков газа те же задачи прогнозирования их конъюнктуры, что и модель нефти для рынков жидкого топлива.

Блок твердого топлива охватывает рынок всех твердых топлив, определяя требуемые объемы добычи для удовлетворения спроса в 81 узле

потребления, равновесные цены угля и маршруты поставок.

Моделирование мировых рынков начинается с блока жидкого топлива. Найденные в нем равновесные цены нефти используются в блоке газового топлива для корректировки его контрактных цен, а равновесные цены газа вместе с уточненным потреблением угля электростанциями передаются в блок твердого топлива. Полученные в нем равновесные цены угля возвращаются в блок газового топлива, уточняя его равновесные цены, которые затем используются в завершающем расчете блока жидкого топлива.

Результаты оптимизационного моделирования рынков топлива корректируют в блоке электроэнергетики спрос на электроэнергию по странам и регионам, а также размеры ее производства разными типами электростанций и расходы всех видов энергоресурсов. Эта информация вместе с расчетами производства и транспортных потоков в моделях рынков топлива концентрируется в блоке балансов для формирования результирующих характеристик рассмотренного сценария развития мировой энергетики и рынков топлива.

Мировой прогноз увязан с детальным прогнозом развития экономики и энергетики России, что позволяет оценивать ее риски и перспективы в глобальном контексте. Прогнозы развития энергетики и экономики России выполнены на комплексе [2, 3] для базового сценария развития мировых рынков углеводородов, а также маргинальных сценариев “сланцевый прорыв” и “сланцевый провал” с расчетом их влияния на внутренний спрос, производство и экспорт энергоресурсов и последствия для экономики России.

БАЗОВЫЙ СЦЕНАРИЙ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Долгосрочные тренды. Прогноз-2013 по многим важным параметрам развития мировой энергетики и энергетических рынков дал новые оценки, существенно отличающиеся от предыдущего

Прогноза-2012 [6] и результатов, полученных рядом международных организаций. В частности, было выявлено, что затяжной характер текущего глобального кризиса ведет к снижению прогнозов роста экономики и энергопотребления так, что прошлогодние прогнозы на 2035 г. сдвинулись на 2040 г. (при одновременном ускорении роста доли развивающихся стран).

В предстоящие 30 лет нет оснований рассчитывать на сохранение и тем более ускорение темпов роста мирового ВВП относительно предыдущего периода. Тому противодействуют снижение интенсивности основных факторов производства, замедление темпов роста населения, ограничение возможностей прироста территорий с ужесточением проблемы водоснабжения, удорожание основных природных ресурсов (в частности, очередное удвоение цен углеводородов относительно средних за последние 30 лет). Сомнительно, что даже успешный технологический прогресс полностью компенсирует эти негативные процессы. При этом несомненна качественная разнонаправленность развития экономики стран, особенно развитых и развивающихся.

За рассматриваемый период среднегодовые темпы роста мирового ВВП ожидаются на уровне 3.4%. Прогноз экономического роста в развитых странах базируется в основном на продолжении тенденций и параметров постиндустриального развития с дальнейшим сдвигом в сферу услуг (развитие здравоохранения при росте продолжительности жизни и т.п.). Относительно медленные темпы роста предполагают концентрацию капитала в большей степени на росте эффективности и производительности, нежели приросте мощностей. В случае политической ориентации на сохранение климата и ресурсосбережение приоритетом экономики может стать поддержание образа жизни при более жестких ресурсных ограничениях (табл. 1).

В развивающемся мире выделяется Китай с его уникальной моделью стагнации численности населения. С учетом предполагаемого удвоения

Таблица 1. Среднегодовые темпы прироста ВВП по регионам, %

	1990	2000	2010	2020	2030	2040
США	3.2	3.4	1.5	2.4	2.4	2.2
ОЭСР, кроме США	3.0	2.6	1.7	1.9	1.8	1.6
Китай	9.3	10.4	10.4	7.1	4.5	4.3
не-ОЭСР, кроме Китая	2.3	5.4	5.2	4.2	4.3	4.1
Мир	3.1	3.9	3.5	3.6	3.3	3.2

Источник [1].

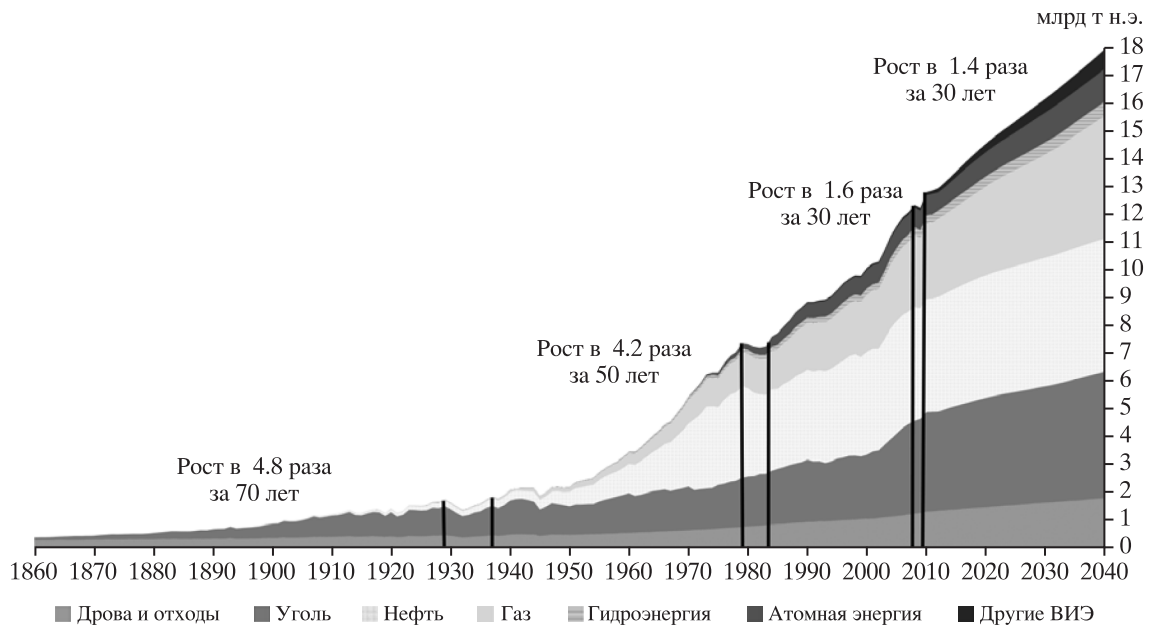


Рис. 1. Этапы развития мировой энергетики
Источник: ИНЭИ РАН.

ВВП на душу населения, ожидается изменение социальной структуры общества на базе массовой состоятельности, обещанной населению страны. Степень успеха предполагаемой модели развития экономики будет иметь критическое значение для темпов роста Китая и всего мира. До 2020 г. Китай станет первой по размерам экономикой мира, в то время как США и остальные страны ОЭСР заметно снизят свою долю в мировом ВВП. Для остальных развивающихся стран характерны темпы роста ВВП выше развитых стран, но ниже китайских.

Сниженный прогноз экономического роста и повышение энергоэффективности определяют более сдержанный прогноз энергопотребления. Согласно Прогнозу-2013, потребление первичной энергии в мире увеличится в 2010–2040 гг. на 40% (или в среднем на 1.1% ежегодно), что втрое меньше среднегодовых приростов ВВП и заметно медленнее роста энергопотребления в последние 30 лет.

Вообще, за последние 150 лет энергетика мира выросла в 35 раз и прошла три этапа развития так, что длительность этапов последовательно уменьшалась (70, 50 и 30 лет), удваивались цены топлива и замедлялся рост энергопотребления (в 4.8, 4.2 и 1.6 раза), а в конце каждого этапа наблюдался кризисный спад спроса на энергию (рис. 1). Текущее замедление глобального энергопотребления может сигнализировать о том, что мировая энергетика находится в очередной пере-

ходной точке. Полученные в Прогнозе результаты подтверждают предположение о наступлении следующего (четвертого) этапа развития мировой энергетики, характеризующегося умеренным ростом энергопотребления.

Заметно изменится региональная структура энергопотребления – с ростом населения в развивающихся странах идет все более активное смещение туда центров энергопотребления, в то время как развитые страны к 2040 г. увеличат свое потребление лишь на 3%, а США и остальные страны ОЭСР после 2020 г. практически остановят рост спроса на энергию. Китай сохранит абсолютные приросты, а среднегодовые темпы роста снизятся с 4.8% до 1.9%. Остальные развивающиеся страны дадут полуторный рост: при замедлении темпов роста абсолютное наращивание ими первичного энергопотребления обеспечит 60% мирового прироста. Удовлетворение регионального спроса на первичную энергию потребует увеличения потребления всех видов топлива (табл. 2, 3).

В тридцатилетней перспективе не ожидается радикальных изменений глобальной топливной корзины – углеводороды сохранят безусловное доминирование: их доля в 2040 г. будет составлять 51.4% от суммарного первичного энергопотребления, что не отличается существенно от 53.6% в 2010 г. (табл. 4). При этом структура мирового энергопотребления будет становиться все более диверсифицированной и сбалансиро-

Таблица 2. Потребление первичной энергии по регионам, базовый сценарий, млн. т н.э.

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Северная Америка	2723	2815	2699	2791	2870	2901	2910	2921	2958
Южная и Центральная Америка	470	536	635	684	753	812	870	932	1000
Европа	1932	2056	2019	2007	2015	2002	1980	1959	1948
СНГ	908	973	1036	1062	1121	1176	1235	1297	1348
Развитые страны Азии	858	893	918	894	896	898	897	897	899
Развивающиеся страны Азии	2209	3037	4092	4655	5284	5800	6332	6909	7507
Ближний Восток	400	534	671	707	773	848	923	996	1065
Африка	508	608	693	735	819	912	1006	1102	1202
Мир	10007	11451	12763	13535	14533	15351	16152	17014	17928

Источник: ИНЭА РАН.

Таблица 3. Потребление первичной энергии в мире по видам топлива, базовый сценарий, млн. т н.э.

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Нефть	3655	4019	4108	4245	4414	4532	4634	4725	4796
Газ	2072	2368	2735	2930	3195	3461	3719	4053	4418
Уголь	2292	2900	3517	3736	3947	4073	4195	4370	4552
Атомная энергия	676	722	719	734	873	965	1069	1113	1181
Гидроэнергия	226	252	296	326	361	398	435	473	513
Другие ВИЭ	59	69	110	206	302	399	497	597	698
Биоэнергия	1027	1120	1278	1358	1440	1524	1603	1683	1769
Всего	10007	11451	12763	13535	14533	15351	16152	17014	17928

Источник: ИНЭИ РАН.

Таблица 4. Структура потребления первичной энергии по видам топлива в мире на 2010 и 2040 гг., базовый сценарий, млн. т н.э.

	США		ОЭСР, кроме США		Китай		не-ОЭСР, кроме Китая	
	2010	2040	2010	2040	2010	2040	2010	2040
Нефть	853	776	1285	991	446	738	1525	2291
Газ	556	637	760	993	89	550	1329	2186
Уголь	503	407	584	407	1637	2202	794	1578
Атомная энергия	219	223	378	375	19	280	103	303
Гидроэнергия	23	30	94	118	62	134	117	228
Другие ВИЭ	18	99	45	205	14	200	33	181
Биоэнергия	90	222	173	293	206	216	809	1024
Всего	2262	2395	3318	3381	2472	4319	4710	7792

Источник: ИНЭИ РАН.

ванной: доли ископаемых видов топлива будут постепенно выравниваться (доля нефти снизится до 27%, угля – до 25, а газа – увеличится до 25%) и к ним приблизятся и остальные источники (в сумме 23%), что усилит межтопливную конкуренцию и повысит устойчивость энергоснабжения.

Однако важно отметить, что в Прогнозе-2013 в силу как замедления экономики с ужесточени-

ем бюджетных ограничений, так и увеличения доступности углеводородов ожидается более медленный, чем в прошлом Прогнозе, рост доли неуглеродных энергоресурсов. Действительно, “сланцевая революция” на два-три десятилетия отодвинет казавшуюся близкой еще недавно назад угрозу исчерпания экономически приемлемых ресурсов нефти и газа (хотя и не предотвратит сокращение доли нефти с 32% до 27%).

Доля угля, который демонстрировал наиболее высокие темпы роста в первое десятилетие XXI века, снизится с 28% до 25% – в основном по экологическим соображениям, которые ограничат его использование не только в развитых, но и в развивающихся странах. В отношении атомной энергетики в Прогнозе-2013 по сумме страновых прогнозов принят умеренный оптимизм: ее доля не изменится (6%) при заметном росте абсолютных объемов. Самые высокие темпы роста в прогнозный период покажут возобновляемые источники энергии (без учета гидроэнергии, но с учетом биотоплива): к 2040 г. на них придется 13.8% мирового энергопотребления и 12.5% выработки электроэнергии (против 10.9% и 3.7% в 2010 г.), что будет обеспечено удешевлением технологий и активной господдержкой. Однако по абсолютным приростам потребления и расширению своей ниши в топливной корзине будет лидировать газ – именно он станет наиболее востребованным видом топлива в ближайшие 30 лет.

В связи с растущей электрификацией человеческой деятельности заметно увеличивается доля первичной энергии, используемой для производства электроэнергии, – до 47% к 2040 г. против 36% в 2010 г. Основной прирост производства электроэнергии в мире (84%) обеспечат развивающиеся страны. При этом в электроэнергетике, которая является главным полем конкуренции между всеми энергоресурсами и множеством технологий, будет усиливаться диверсификация топливной корзины: потребление газа увеличится почти в 2.5 раза и он обеспечит наибольший прирост производства электроэнергии по сравнению со всеми остальными видами топлива. Быстро будет расти также использование неуглеродных энергоресурсов – до 2040 г. они обеспечат более 40% прироста.

Структура производства электроэнергии сохранит отличия в развитых и развивающихся странах – если первым удастся перенести фокус на газ и неископаемые источники, то развивающиеся страны будут по-прежнему в значительной степени зависеть от угля (со всеми экологическими последствиями), хоть и будут высокими темпами наращивать использование газа и ВИЭ в электроэнергетике.

Под воздействием роста самообеспеченности углеводородами отдельных регионов будет происходить трансформация структуры мировой торговли. В первую очередь речь идет о растущей самообеспеченности Северной Америки благодаря нетрадиционным ресурсам нефти и газа. К 2040 г. чистый импорт нефти, угля и газа в Се-

верную Америку сменится их экспортом. Импорт энергоресурсов в Европу увеличится на 28%, однако при снижении спроса на нефть основной его прирост придется на природный газ. Развивающиеся страны Азии будут высокими темпами наращивать импорт всех энергоресурсов. Существенное увеличение поставок в Тихом и Индийском океанах изменит направления и объемы межрегиональной торговли энергоресурсами. В межрегиональной торговле газом будет преобладать СПГ (при наращивании объемов поставок и трубопроводного газа).

Следствием растущей самообеспеченности станет регионализация мировых рынков углеводородов. Так, в результате быстрого роста добычи сланцевой нефти в США, уже наблюдается формирование значительных различий в ценах нефти разных маркеров – *WTI, Brent* и др. Одновременно стала усиливаться и регионализация газовых рынков с установлением кратно различающихся цен в отдельных регионах. Рассмотрим подробнее основные прогнозируемые изменения конъюнктуры отдельных рынков.

Рынок жидких топлив. Главным драйвером спроса на жидкие топлива по-прежнему останется растущий транспортный сектор (до 80% от общего объема спроса на нефть к 2040 г.) с его заметным увеличением объема перевозок, а основным фактором сдерживания роста потребления топлив на транспорте, как и прежде, останется повышение энергоэффективности транспортных средств.

В базовом сценарии мировой спрос на жидкие топлива до 2040 г. будет расти в среднем на 0.5% ежегодно и составит 5.1 млрд. т (то есть увеличится на 26% к концу периода). Ускоренный рост спроса ожидается в развивающихся странах. Развитый мир демонстрирует противоположную динамику: останавливается рост спроса на жидкие виды топлива в Европе и США, а в развитых странах Азии (особенно в Японии) вообще ожидается заметное снижение потребления. В условиях сравнительно невысоких нефтяных цен в базовом сценарии спрос на жидкие не-нефтяные топлива в связи с их значительной стоимостью остается достаточно низким.

Производство жидких видов топлива к 2040 г. прогнозируется на уровне 5.1 млрд. т, причем из них нефть и газовый конденсат традиционных месторождений дадут 77%. Важное изменение относительно прошлого прогноза – значительное увеличение роли нетрадиционной нефти (сланцевой, битуминозных песчаников и пр.) – до 16.4% от общей добычи (то есть 837 млн. т в 2040 г.).

Остальные объемы предложения жидких видов топлива к 2040 г. будут распределены между биотопливом (5.9%) и жидкими топливами из газа и угля (в объеме всего 23 млн. т).

Важнейший показатель прогноза не только рынков жидкого топлива, но и энергетики в целом – цены на нефть. Они формируются такими разнонаправленными факторами, как спрос и предложение, позиции участников нефтяного рынка и нерыночные факторы, влияющие на рынок преимущественно в краткосрочный период. Многие прогнозы мировой энергетики и нефтяного рынка содержат достаточно широкий диапазон предполагаемых нефтяных цен – от 50 до 200 долл./барр., при этом следует отметить, что при подготовке наиболее распространенных прогнозов (например, Международного энергетического агентства и Департамента энергетики США), цены на нефть не рассчитываются, а задаются как сценарная предпосылка, то есть фактически являются экспертным мнением. Ряд сценариев допускает очередное повышение цен нефти до 150–200 долл./барр. в текущих ценах, а низкие сценарии не исключают обвала цен до 50–70 долл./барр. под влиянием торможения спроса, замещения альтернативными топливами и активного роста добычи нетрадиционной нефти.

В отличие от экспертных оценок, в Прогнозе-2013 рассчитаны равновесные цены нефти, при которых добыча на традиционных и нетрадиционных месторождениях и коммерчески эффективные предложения нефтезамещения будут удовлетворять спрос на жидкие виды топлива по годам прогнозного периода (фактически – это динамика точек пересечения кривых спроса и предложения жидких видов топлива). Эти базовые рыночные факторы не предвещают ни высокого взлета, ни чрезмерного обвала цен.

Цены на нефть за последние 5–7 лет перешли на следующую ступень удорожания, но, по расчетам ИНЭИ РАН, на рассматриваемый период имеют фундаментальные основания, чтобы они не вышли из диапазона 100–130 долл./барр. К 2040 г. в базовом сценарии прогнозируется увеличение объемов предложения на рынке нефти на 1 млрд. т, причем в значительной мере за счет нетрадиционных источников, что при прогнозируемых уровнях спроса не приведет к существенному росту цен. Таким образом, расчеты показывают, что передовые технологии энергосбережения и разработки нетрадиционных источников нефти отодвигают очередной скачок цен на временной горизонт за 2035–2040 гг., но при этом они не способны вернуть цены мирового нефтяного

рынка на уровень предыдущего этапа – около 50 долл./барр.

Изменение в прогнозируемый период соотношений спроса и предложения на региональных рынках, а также перераспределение потоков нефти создают предпосылки для формирования трех нефтяных рынков: Северной Америки с главным маркером – *WTI*, Европы с главным маркером – *Brent* и АТР, где на данный момент конкурируют сразу несколько маркерных сортов нефти. Эту возможность регионализации нельзя не учитывать при формировании прогнозных равновесных цен нефти. В базовом сценарии прогнозные равновесные цены нефти остаются в рамках ценового коридора, определяемого как возможное отклонение локальных нефтяных маркеров европейского, североамериканского и азиатского рынков от расчетной равновесной (то есть усредненной общемировой) цены, а также как влияние спекулятивно-политических факторов (рис. 2).

В нефтепереработке в мире сейчас наблюдается избыток мощностей, и в прогнозный период с учетом уже запланированного строительства новых НПЗ в различных регионах дефицита мощностей в целом не ожидается. Новые проекты готовятся к вводу на Ближнем Востоке, в Африке и Азиатско-Тихоокеанском регионе. Они способны почти вдвое увеличить переработку на Ближнем Востоке, создавая значительные объемы нефтепродуктов, которые будут вытеснять с рынков Европы и Северной Америки продукцию других поставщиков и даже собственных производителей. Однако ряд регионов (Южная Америка и АТР) не сможет удовлетворить потребность в нефтепродуктах собственными мощностями, что потребует их расширения после 2030 г.

В Северной Америке ожидается высокая загрузка нефтеперерабатывающих мощностей до конца периода в связи с растущей добычей нефти сланцевых плевей и канадских битуминозных песков. Напротив, как показали расчеты, в странах СНГ весь прогнозный период ожидается недогрузка около 20% мощностей. Это связано с отсутствием ресурсной базы для украинских НПЗ, избытком мощностей нефтепереработки в Казахстане и снижающейся рыночной нишей для экспорта нефтепродуктов.

Торговые потоки на рынке нефти принципиально меняются даже в довольно консервативном базовом сценарии. К 2040 г. экспортные рынки сырой нефти для ведущих производителей уменьшаются по сравнению с 2010 г. на 275 млн. т. Прежде всего сокращаются объемы импорта нефти в Европу, что связано со снижением загрузки

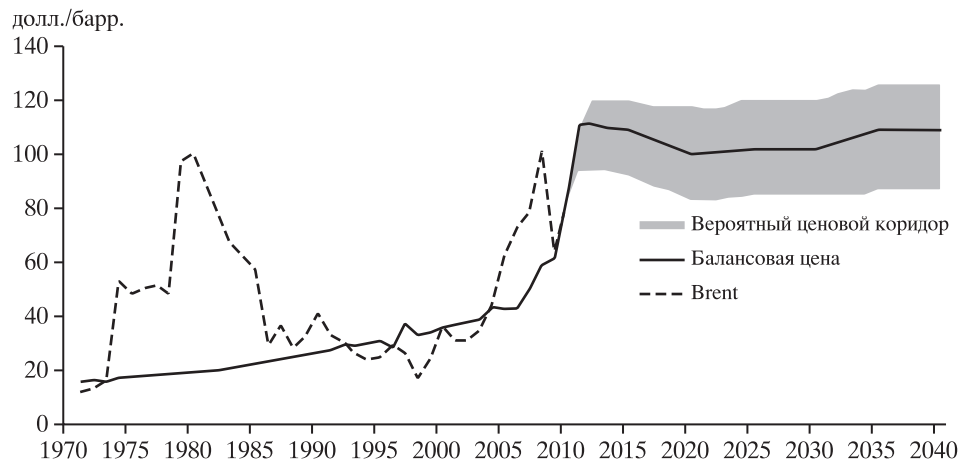


Рис. 2. Прогнозный ценовой коридор равновесных цен нефти
Источник [1].

собственных европейских НПЗ и стагнацией спроса в развитой Европе. Северная Америка за счет роста добычи нефти сланцевых пластов в США и битуминозных песков в Канаде становится нетто-экспортером уже после 2025 г. Наиболее перспективным рынком сбыта для сырой нефти остается АТР – единственный регион, где импорт увеличится по сравнению с 2010 г.

Уже сегодня видны тенденции изменения ролей игроков на мировом нефтяном рынке. В прогнозный период ожидается ослабление влияния международных компаний-мейджоров. На региональных рынках развитых стран их постепенно вытесняют небольшие независимые компании с эффективной инновационной составляющей, которая позволяет им контролировать затраты по всей цепочке и разрабатывать месторождения нетрадиционных и трудноизвлекаемых нефтей. На международных рынках компании-мейджоры вытесняются растущими национальными нефтяными компаниями (ННК), такими как *Saudi Aramco*, *Iranian NOC*, *Petrobras*, «Роснефть». Более того, национальные компании не только занимают все большую долю на собственных внутренних рынках, но и начинают конкурировать за зарубежные рынки. В первую очередь это характерно для китайских *CNPC* и *PetroChina*, чьи активы уже сегодня имеют обширнейшую географию – от добычных проектов на Ближнем Востоке до участия в проектах по разработке канадских нефтяных песков.

Ожидается также изменение в положении на рынке основных объединений и крупнейших стран – игроков нефтяного рынка. Безусловно, главным изменением расклада сил на мировом нефтяном рынке станет глобальное усиление

влияния США. По расчетам ИНЭИ РАН, уже после 2030 г. за счет разработки сланцевой нефти США смогут отказаться от импорта углеводородов из всех стран, кроме Канады и Южной Америки (с месторождений, находящихся в портфеле активов американских компаний). Подобное усиление США на мировом нефтяном рынке с достижением ими энергетической независимости может привести к серьезным геополитическим сдвигам.

Неординарные изменения видятся в ОПЕК. Фактически в организации формируются два полюса: на одном находятся страны, крайне чувствительные к снижению мировых цен на нефть (Алжир, Венесуэла, Ливия, Иран, Эквадор,), а на другом – толерантные к нему (Саудовская Аравия, Кувейт, Ирак). При относительно низких ценах первые будут настаивать на уменьшении квот на добычу, чтобы создать дефицит предложения, тогда как вторые будут заинтересованы, наоборот, наращивать добычу и свою долю на экспортных рынках.

Такая разнонаправленность интересов внутри организации может привести к потере ее влияния на мировой рынок. К тому же ведущие производители ОПЕК в последние годы запустили ряд проектов по переработке нефти, фактически превращаясь из сугубо добывающих стран в вертикально интегрированных поставщиков. Соответственно, они могут частично компенсировать потерю доходов от сырой нефти за счет экспорта нефтепродуктов.

Влияние организации на цену нефти уже сейчас вызывает сомнения. ОПЕК имеет по большому счету только один инструмент – квоты на добычу нефти для своих членов организации или контроль

над свободными добычными мощностями. Исходя из объема прогнозируемых свободных добычных мощностей (190–250 млн. т), расчеты ИНЭИ РАН показывают потенциал влияния картеля на равновесные цены в диапазоне всего лишь $-2...+7$ долл./барр. Столь небольшая чувствительность прогнозных равновесных цен к возможным действиям ОПЕК характеризует падение его влияния на мировые цены.

Рынок газового топлива. В базовом сценарии к 2040 г. прогнозируется рост мирового потребления газового топлива до 5.3 трлн. куб. м – это более чем на 60% превышает уровень 2010 г. Как и по жидким видам топлива, основной прирост спроса (81%) обеспечат развивающиеся страны. Ключевым драйвером столь быстрого увеличения спроса на газ во всех регионах будет развитие газовой генерации, обусловленное нарастающей электрификацией и соответствующим ростом потребления электроэнергии, в развивающихся странах также будет быстро расти газопотребление в промышленности. Экологические преимущества газа будут поддерживать (но не определять) его роль на отдельных рынках.

По расчетам ИНЭИ РАН, среднегодовые темпы роста европейского спроса на газ составят не более 0.5% (суммарный прирост – всего 15% с 2010 по 2040 г.). Среди остальных стран ОЭСР только Северная Америка будет демонстрировать относительно высокие темпы роста (в среднем 0.8% в год), что обусловлено избытком предложения и низкими ценами газа. Гораздо интенсивнее потребление газа будет увеличиваться в развивающихся странах: в Азии оно увеличится более чем втрое, удвоится в Южной и Центральной Америке, вырастет на 75–78% на Ближнем Востоке и в Африке.

В базовом сценарии все регионы мира (за исключением Европы) заметно увеличат производство газа, лидерами по его приросту станут помимо традиционных поставщиков (СНГ и Ближний Восток – 60% и 95% соответственно к 2040 г.) еще и развивающиеся страны Азии, которые утратят добычу. Следом за ними идет Северная Америка с ростом добычи на 40%. При этом после 2020 г. в базовом сценарии ожидается стабилизация и даже небольшое снижение добычи газа в США с последующим медленным ростом до 870 млрд. куб. м к 2040 г. Прирост будет обеспечен за счет сланцевого газа, добыча которого приблизится к 500 млрд. куб. м к 2040 г.

Основной прирост мировой газодобычи обеспечат новые месторождения традиционного газа и дальнейшее расширение добычи нетрадици-

онного газа, который к концу периода обеспечит до 15% мирового производства (11 – сланцевый газ, 3 – метан угольных пластов и 1% – биогаз). Очевидно, наибольший прирост добычи нетрадиционного газа покажет Северная Америка. Остальные регионы находятся на начальном этапе геологоразведочных работ и имеют высокую неопределенность как потенциала сланцевой газодобычи, так и возможных регуляторных ограничений на нее в конкретных странах. В базовом сценарии предполагается, что добыча сланцевого газа за пределами Северной Америки будет еще в Аргентине, Китае, Индии, ЮАР, Австралии и странах Европы и к 2040 г. не превысит в сумме 70 млрд. куб. м.

В настоящее время более 60% газа в мире реализуется по регулируемым ценам или в привязке к нефтяным ценам. Установившиеся региональные системы ценообразования на газ переживают глубокую трансформацию – в первую очередь за счет постепенного расширения торговли на основе конкуренции “газ–газ” и увеличения доли спотовых поставок на всех рынках. Быстрое развитие рынка СПГ и его глобализация будут усиливать этот процесс, причем не только в Европе, но и в АТР, где потребители на фоне высоких цен ищут любую возможность снизить расходы на топливо.

В базовом сценарии сохранится произошедшее в 2006–2008 гг. разделение региональных цен на газ. Основной причиной этого является, с одной стороны, значительная разница в цене добычи газа в различных регионах, а с другой – высокая цена транспортировки газа, которая при межконтинентальных поставках составляет более 150 долл./тыс. куб. м. Это способствует регионализации рынков и не позволяет создать единый глобальный газовый рынок.

На европейском рынке в 2015–2030 гг. прогнозируется некоторое снижение цен, обусловленное низкими темпами роста спроса и избыточным предложением газа, в то время как в АТР на фоне быстрого роста спроса, стимулирующего ввод большого числа новых, в том числе достаточно дорогих, проектов добычи, наоборот, ожидается сохранение ценовой премии до 2020–2025 гг. (рис. 3). К концу прогнозного периода и в Европе, и в АТР ожидается заметный рост цен, обусловленный необходимостью освоения новых, более сложных и удаленных месторождений. Североамериканский рынок при этом фактически замыкается в ценовом диапазоне, определяемом собственной добычей – в США на весь прогноз-

ный период сохранятся наиболее низкие цены, немного увеличившись лишь к концу периода.

Международная торговля газом уже претерпела существенные изменения под влиянием “сланцевой революции” в США – даже оставаясь пока исключительно региональным явлением, она привела к перераспределению глобальных потоков СПГ. Ее влияние возрастет с началом экспорта СПГ из США и Канады с 2016–2018 гг., который, скорее всего, пойдет в первую очередь на рынки АТР и в меньшей степени – на рынки Латинской Америки и Европы.

Развитие международной торговли газом в течение следующих трех десятилетий будет сфокусировано главным образом на азиатском рынке, который, согласно расчетам, должен нарастить нетто-импорт почти на 500 млрд. куб. м к 2040 г. (что означает необходимость формирования огромной новой инфраструктуры поставок).

В базовом сценарии наиболее влиятельными участниками газового рынка в рассматриваемой перспективе, помимо России, станут США и Китай. США, уступая России по объемам добычи и экспорта газа к 2040 г., тем не менее заметно усилят свое влияние за счет выхода на рынок СПГ. Северная Америка обеспечит полную самодостаточность, снизив зависимость от любых внешних поставщиков, и сможет при этом отправлять на рынки около 100 млрд. куб. м, гибко реагируя на изменения рыночной конъюнктуры и перенаправляя поставки на более прибыльные рынки.

В результате весьма вероятно, что американские спотовые цены (с добавлением затрат на сжижение и транспортировку) станут своеобразным потолком цен на рынках Тихоокеанского и Атлантического бассейнов, так как при превышении этого уровня американские заводы СПГ будут поставлять на рынок довольно существенные объемы газа, сбивая цены. Таким образом, США получат возможность влиять на ценовую ситуацию на основных рынках, а американский спотовый индекс может стать для них ориентиром.

Наличие в Китае собственных больших запасов нетрадиционного газа и стремление их активно разрабатывать в сочетании с успешной политикой диверсификации импорта, опережающим развитием инфраструктуры и реформой ценообразования на внутреннем рынке делают Китай наиболее сложно прогнозируемым, но при этом все более важным для мирового рынка игроком. При этом Китай усиливает позиции в других регионах за счет участия своих национальных компаний в разработке газовых ресурсов и обес-

печения поставок по долгосрочным контрактам с заниженными ценами. Страны ОПЕК отчетливо теряют свои позиции на газовом рынке как из-за появления новых мощных игроков (США, Австралия), так и из-за необходимости удовлетворять внутренний спрос на газ даже в ущерб экспорту во избежание социальных проблем.

Россия в данном сценарии останется важнейшим участником газового рынка, сохраняя лидерство по добыче и экспорту (хотя ее экспортные показатели будут несколько ниже цифр, принятых в официальных прогнозах). Однако переговорные позиции РФ ослабевают, так как осуществленные инвестиции в дорогостоящие проекты, которые будут маргинальными на всех экспортных рынках, делают ее заложницей даже не очень сильных колебаний рыночной конъюнктуры – ведь именно российский газ будет в этом случае вытесняться с рынка более дешевыми поставщиками.

Рынок твердых видов топлива. Твердые топлива в ближайшие три десятилетия сохранят свою роль в энергетике и будут обеспечивать около четверти мирового спроса на энергоресурсы. При этом основную роль по-прежнему будет играть уголь. Основной прирост мирового потребления угля до 2040 г. обеспечат развивающиеся страны АТР (в особенности Китай и Индия). В странах ОЭСР, главным образом в Европе и США, ожидается снижение спроса на уголь. Главным драйвером спроса на уголь останется электроэнергетика в развивающихся странах АТР, которые укрепят лидерство не только в потреблении, но и в добыче угля. Добыча в Европе снизится вдвое, что, несмотря на снижающийся спрос европейских стран, приведет к увеличению импорта.

Международная торговля энергетическим углем согласно базовому сценарию к 2040 г. достигнет 1.4 млрд. т, а равновесная цена торгуемого угля, рассчитанная на базе равновесия спроса и предложения, при этом составит не менее 120 долл./т. К 2040 г. мировой угольный рынок сохранит биполярную структуру: атлантический и азиатско-тихоокеанский рынки. Лидирующее положение будет занимать рынок АТР, доля которого превысит 70% всей мировой торговли энергетическим углем.

Атомная энергетика. В базовом сценарии атомная энергетика может сохранить сегодняшнюю долю в мировом производстве первичной энергии (около 6%), произведя почти полное обновление парка реакторов. Хотя сроки эксплуатации многих действующих сегодня реакторов продлеваются до 60 лет, в предстоящие десятилетия предстоит вывод из эксплуатации очень больших

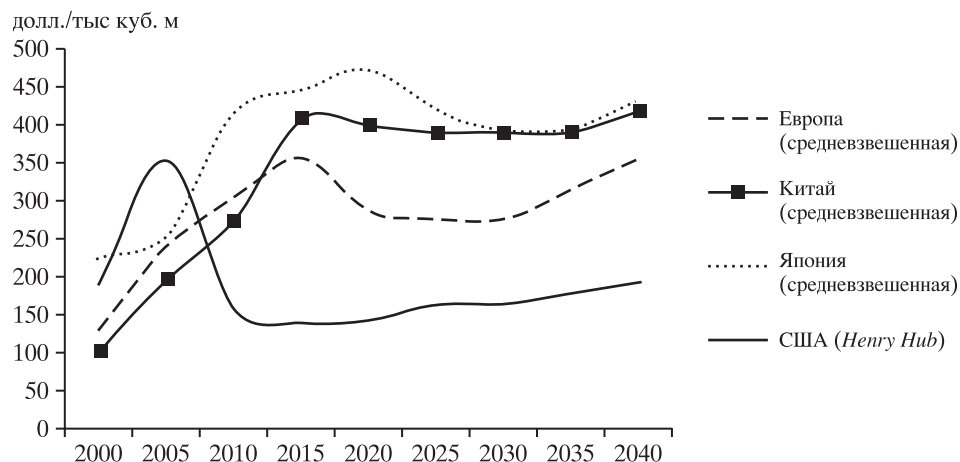


Рис. 3. Прогнозные средневзвешенные* цены на газ по региональным рынкам, базовый сценарий

* Средневзвешенные между ценами долгосрочных контрактов, привязанных к альтернативным видам топлива, и спотовыми ценами с учетом объемов потребления.

Источник [1].

мощностей АЭС, который не во всех регионах будет компенсирован вводом новых блоков. Наиболее сложной будет ситуация в странах ОЭСР, из-за этого ожидаются случаи скачкообразного кратко- и среднесрочного роста потребности в альтернативных мощностях и наращивании энергетического импорта.

После 2020 г. мир, вероятно, восстановит те объемы ввода атомных мощностей, которые наблюдались в 80–90-х годах, главным образом за счет развивающихся стран, а к концу прогнозного периода страны не-ОЭСР по суммарным установленным атомным мощностям обгонят ОЭСР.

До 2030 г. ожидается достаточно стабильный прирост выработки электроэнергии на АЭС, в 2030–2035 гг. производство стабилизируется из-за большого вывода старых энергоблоков, а в следующую пятилетку темпы роста начнут восстанавливаться и в 2040 г. будут почти на 60% больше уровня 2010 г. В мировые лидеры ядерной энергетики выйдут развивающиеся страны Азии.

В базовом сценарии не предполагаются технологические прорывы в области атомной энергетики, но ожидаются повышение эффективности действующих АЭС и качественное усовершенствование новых, в частности – начало промышленного использования реакторов четвертого поколения. Однако значительного влияния на энергобаланс они не окажут, доля таких энергоблоков будет сравнительно мала. Длительный срок эксплуатации АЭС делает периоды смены поколений достаточно затяжными.

Возобновляемые источники энергии. Мировое потребление ВИЭ к 2040 г. достигнет почти

3 млрд. т н.э., из которых на производство электроэнергии и тепла пойдет 2.7 млрд. т н.э. (включая 0.5 млрд. т н.э. гидроэнергии), то есть прирост использования ВИЭ для производства электроэнергии и тепла к 2040 г. составит 77%. Развивающиеся страны сохраняют лидирующие позиции по потреблению ВИЭ, при этом по сравнению с 2010 г. их доля сократится с 57% до 49%. Развивающиеся страны Азии обеспечат 35% прироста всех ВИЭ, из них 19% придется на Китай.

По мере расширения масштабов использования и развития (с удешевлением) технологий их промышленного производства, отдельные виды ВИЭ уже в настоящее время переходят из группы экономически неэффективных, субсидируемых источников энергии в группу вполне конкурентоспособных и экономически оправданных. Однако, несмотря на снижение удельных затрат, ВИЭ сохраняют высокую зависимость от государственной поддержки, что делает их уязвимыми в случае ухудшения экономической ситуации, когда бюджетные ограничения не позволяют обеспечивать требуемую степень поддержки.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОРЫВЫ

Роль энергетических инноваций является определяющей в развитии не только мировой энергетики, но и в значительной степени всей цивилизации. Именно новые энергоносители и энергетические технологии составили основу всех прошедших индустриальных революций. Исследование влияния этих технологических прорывов на конъюнктуру топливных рынков было важной задачей Прогноза-2013. В первую очередь, было

рассмотрено влияние на них технологий сланцевой нефте- и газодобычи.

“Сланцевый прорыв”. Уже сегодня трудно говорить о “сланцевом прорыве” иначе, как о свершившемся факте: за последние пять лет добыча нефти сланцевых плеев выросла с 8 млн. т в 2007 г. до 100 млн. т в 2012 г., добыча сланцевого газа – примерно с 40 до 250 млрд. куб. м за тот же период. При этом остается ряд факторов, сдерживающих дальнейшее быстрое расширение добычи нефти и газа сланцевых плеев:

- сравнительно высокий диапазон затрат на добычу для сланцевых плеев, находящихся за пределами Северной Америки, – 80–140 долл./барр. по нефти и 120–410 долл./тыс. куб. м по газу;
- высокий расход воды (при добыче нефти низкопроницаемых пород – около 7 барр. воды на 1 барр. нефти);
- экологические риски загрязнения грунтовых вод, почвы и воздуха;
- неапробированность технологии добычи нефти, добываемой внутрислоистым ретортингом.

Вероятнее всего технологии, которые могут снять эти ограничения, будут основываться на дешевом безводном методе гидроразрыва пласта и современных методах внутрислоистого ретортинга. Если их удастся освоить в промышленных масштабах, значительно расширится ресурсная база мировой нефтегазовой промышленности, удастся нарастить добычу сланцевой нефти в странах, где добыча нефти не велась исторически, и распечатать сланцевые плеи в тех регионах, где объемы пресной воды ограничены, что обеспечит существенное увеличение добычи. Сценарий “сланцевый прорыв” предполагает дальнейшее развитие уже начавшегося технологического импульса в добыче нетрадиционных углеводородов и основан на следующих предпосылках:

- после 2020 г. появляется безводная технология добычи нефти и газа низкопроницаемых пород. В результате в эксплуатацию поступают месторождения Китая, Иордании, Израиля, Монголии и других стран;
- снимаются экологические ограничения на добычу нефти и газа сланцевых плеев;
- затраты на добычу для сланцевых плеев во всем мире выходят на уровень затрат в США (не превышают 80 долл./барр. по нефти и 150 долл./тыс. куб. м по газу);
- начинается активная разработка не только нефти низкопроницаемых коллекторов, но и сланцевой (керогеновой) нефти.

Реализация сценария “сланцевый прорыв” увеличит к 2040 г. добычу нетрадиционной нефти в мире на 117 млн. т, а газа – на 222 млрд. куб. м по сравнению с базовым сценарием и способна сместить нефтяные и газовые цены вниз уже после 2020 г., однако вопреки широко обсуждаемым оценкам, расчеты ИНЭИ РАН показывают, что данный сценарий не ведет к значительному падению цен на нефть (по сравнению с базовым).

Такая реакция цен объясняется тем, что при реализации сценария “сланцевого прорыва” кривые предложения нефти и газа значительно расширяются, становятся более пологими, что ведет к увеличению предложения нефти и газа в среднем ценовом диапазоне (формируются дополнительные более длинные “ступени” в центральной части кривой), что делает невозможным резкое падение равновесных цен.

Однако отсутствие резкого падения цен вовсе не означает, что данный сценарий безопасен для производителей. Анализ показывает, что, хотя рынки нефти и газа остаются хорошо сбалансированными, в этом сценарии существенно меняется соотношение сил ведущих участников этих рынков. Некоторые глобальные игроки получают дополнительные возможности влияния, для других это означает потерю позиций. Вообще, с точки зрения позиций основных игроков нефтяного и газового рынков, данный сценарий фактически приводит к усилению тенденций, заданных в базовом сценарии.

Выигрывают от реализации этого сценария:

- США – за счет собственной добычи нефти (на 70 млн. т больше, чем в базовом сценарии) и газа (чуть меньше, чем в базовом сценарии, за счет уменьшения экспорта, так как объем мировой торговли газом в целом сократится, главным образом из-за наращивания собственной добычи в Китае) становятся в этом сценарии крупнейшим производителем углеводородного сырья в мире. Этот факт с учетом общей геополитической значимости США фактически превращает их в самого влиятельного игрока на мировом рынке углеводородов;
- Китай – за счет снижения объемов импорта относительно базового сценария, вызванного освоением собственных сланцевых месторождений после 2020 г.

Проигрывают от реализации этого сценария:

- развитые страны Европы – при низких (по сравнению с базовым сценарием) ценах нефти с рынка вытесняются еще большие объемы собственной европейской нефти, не вводятся в экс-

плуатацию проекты на шельфе Северного моря, снижается привлекательность ВИЭ по сравнению с углеводородными топливами, растет энергетическая зависимость от поставщиков;

- страны – члены ОПЕК – в этом сценарии падение добычи в странах ОПЕК и уменьшение их рыночной доли становятся практически неизбежными в 2025–2035 гг. “Сланцевый прорыв”, вероятно, вынудит картель ужесточить контроль затрат на добычу, снизить налоговую нагрузку на отрасль (что может дестабилизировать экономическую и политическую ситуацию в ряде стран), а также создавать дефицит предложения введением квот. При этом даже в таком экстремальном сценарии вряд ли стоит ожидать согласованности в действиях членов ОПЕК ввиду различия необходимых разным его странам цен на нефть и вероятной дестабилизации ряда нефтезависимых экономик. То есть “сланцевый прорыв”, вероятнее всего, еще больше ослабит организацию. К концу прогнозного периода рыночная ниша ОПЕК несколько стабилизируется, но реализация данного сценария практически полностью лишит картель возможности влиять на мировые цены нефти в середине прогнозного периода;

- страны СНГ и Россия – именно СНГ сильнее всего вынуждено будет сократить свой экспорт нефти в данном сценарии. Для России реализация подобного сценария уже к 2020 г. уменьшит ее добычу на 50 млн. т. по сравнению с базовым сценарием, а также снизит экспорт на те же объемы из-за сужения ниши на азиатском рынке. Экспорт российского газа в данном сценарии будет ниже на 70 млрд. куб. м, чем в базовом. Полученные результаты показывают, что страны СНГ в прогнозный период будут наиболее чувствительны к данному сценарию.

“Сланцевый провал”. Для сбалансированного взгляда на сланцевую проблематику необходимо отметить, что развитие добычи нефти и газа сланцевых плеев связано с большими неопределенностями:

- оценки коммерчески извлекаемых запасов различаются в разы;
- не очевидное влияние на экологию;
- главным основанием для сомнений является собственно специфика добычи углеводородов из сланцевых плеев с ее максимальными деби́тами в течение первого года и резким падением продуктивности в последующем, что требует постоянного нового бурения для поддержания уровня добычи. В настоящий момент бурение охватывает только наиболее привлекательные по

дебитам участки плеев с высокими коэффициентами нефте- и газоотдачи на скважине (*estimated ultimate recovery – EUR*) и расчетными показателями извлечения (*shale recovery*). С освоением высокопродуктивных участков плеев добыча на менее продуктивных площадях может стать менее привлекательной, что приведет к сокращению товарной продукции.

В основе сценария “сланцевого провала” лежат следующие предпосылки, ведущие к сокращению добычи нефти и газа сланцевых плеев:

- значительное удорожание по новым проектам добычи;
- большой объем ресурсной базы не подтверждается;
- введение жестких экологических ограничений на добычу;
- новые технологии безводной и термической добычи сланцевой нефти не проходят по экономическим и/или экологическим причинам;

В результате с 2020 г. сланцевая нефте- и газодобыча в США начинает быстро сокращаться и к 2025 г. практически прекращается, а в остальном мире добыча нефти и газа сланцевых плеев идет только в тех странах, где она уже началась, и достаточно быстро сокращается до нуля.

В сценарии “сланцевого провала” равновесная цена нефти к 2040 г. достигает 130 долл./барр. (табл. 5). Аналогично и средневзвешенные цены на газ в среднем оказываются на 45 долл./тыс. куб. м выше, чем в базовом сценарии.

Таким образом, исследование широко обсуждаемой проблемы динамики цен нефти и газа не выявило фундаментальных оснований для алармистских прогнозов в рассмотренный период – как слишком высоких, так и экстремально низких их значений. Во всех ситуациях, от дальнейшего успеха до возможного провала сланцевых технологий, равновесные цены нефти в 2040 г. не выходят из диапазона 95–130 долл./барр. при хорошей корреляции с ними сильно дифференцированных по регионам цен газа, что не исключает, конечно, и более широкие диапазоны колебаний текущих цен.

Помимо сланцевых технологий, большое влияние на рынки углеводородов могут оказать и другие – в первую очередь, в Прогнозе-2013 рассмотрены перспективы замещения нефтяного топлива в транспортном секторе за счет газового топлива, биотоплива и электромобилей. На стороне предложения в долгосрочной перспективе серьезные

Таблица 5. Динамика равновесных цен на нефть и газ в трех сценариях

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Базовый сценарий									
Цена нефти <i>Brent</i> , долл./барр.	36	43	83	109	100	102	102	109	109
Европа (средневзвешенная), долл./тыс. куб. м	133	240	305	357	287	276	277	316	355
Китай (средневзвешенная), долл./тыс. куб. м	105	197	275	407	399	390	390	391	419
Япония (средневзвешенная), долл./тыс. куб. м	225	256	416	447	472	420	392	395	432
США (<i>Henry Hub</i>), долл./тыс. куб. м	192	354	159	140	144	164	166	178	192
Сланцевый прорыв									
Цена нефти <i>Brent</i> , долл./барр.	36	43	83	109	98	97	98	100	103
Европа (средневзвешенная), долл./тыс. куб. м	133	240	305	357	302	269	267	292	313
Китай (средневзвешенная), долл./тыс. куб. м	105	197	275	407	385	368	353	349	347
Япония (средневзвешенная), долл./тыс. куб. м	225	256	416	446	456	386	361	351	364
США (<i>Henry Hub</i>), долл./тыс. куб. м	192	354	159	140	140	148	140	143	154
Сланцевый провал									
Цена нефти <i>Brent</i> , долл./барр.	36	43	83	109	102	124	125	126	130
Европа (средневзвешенная), долл./тыс. куб. м	133	240	305	357	311	350	349	353	378
Китай (средневзвешенная), долл./тыс. куб. м	105	197	275	407	411	444	455	449	481
Япония (средневзвешенная), долл./тыс. куб. м	225	256	416	447	481	481	457	442	448
США (<i>Henry Hub</i>), долл./тыс. куб. м	192	354	159	167	256	347	380	393	430

Источник: ИНЭИ РАН.

изменения может вызвать разработка еще одного вида нетрадиционного газа – газовых гидратов.

Газ на транспорте. Потребление природного газа на транспорте в 2010 г. составило 29 млрд. куб. м, то есть менее 1%. Более 90% его использования приходится на легковые автомобили, работающие на сжатом природном газе (КПГ). Фактически сегодня отсутствуют возможности для равноценной конкуренции газа и нефти на транспорте. Сжатый метан требует для использования в автомобилях переоборудования транспортных средств и сети специальных заправок (АГЗС), которые пока не распространены в мире. Таким образом, несмотря на экономическую привлекательность природного газа для ряда стран, главным ограничивающим фактором остается доступность инфраструктуры.

Перспективы использования природного газа в транспортном секторе напрямую зависят от:

- экологической политики стран;
- развития инфраструктуры для КПГ;
- снижения издержек на производство синтетического топлива из газа.

В прогнозный период при сравнительно низких ценах на нефть конкурентоспособность газомоторного транспорта невысока. Однако, если потребителям не придется переоборудовать автомо-

били на газобаллонное оборудование и это будет делать выпускающая их промышленность, рынок газомоторного топлива может значительно расширяться. В базовом сценарии потребление газа в транспортном секторе достигнет 80–85 млрд. куб. м к 2040 г., а при реализации описанных мер оно увеличится до 110 млрд. куб. м.

Прямая конкуренция (без дополнительного переоборудования) между природным газом и нефтью на транспорте становится возможна при использовании технологии “газ в жидкость” (*GTL*), где конечными продуктами являются автомобильный бензин и дизельное топливо, аналогичные по качеству топливам из нефти. Однако сегодня издержки на производство синтетического топлива из газа находятся на уровне 110–140 долл./барр. при цене газа не выше 75 долл./тыс. куб. м, что, учитывая прогнозные цены на нефть и газ, делает эти проекты нерентабельными.

Жидкие биотоплива. Распространено мнение, что биотоплива могут играть значительную роль в удовлетворении спроса, снижении загрязнения окружающей среды и выбросов парниковых газов. По нашим оценкам, жидкое биотопливо сможет обеспечить не более 10% растущего спроса на энергию со стороны транспортного сектора и останется сложным и противоречивым вопросом. В последние годы обострились дискуссии о влия-

нии биотоплива на продовольственный рынок, его потенциальном негативном воздействии на атмосферу, биоразнообразии, почву и воду.

Пока биотоплива конкурентоспособны только в регионах с тропическим и субтропическим климатом (где собирают несколько урожаев в год растительного сырья) при цене нефти 100–110 долл./барр. В других регионах их себестоимость доходит до 120–140 долл./барр., что при ценах на нефть базового сценария (не выше 110 долл./барр. к концу периода) потребует специального стимулирования производителей биоэтанола и биодизеля.

“Электромобильный мир”. Технологическим прорывом, способным кардинально изменить транспортную энергетику и весь энергетический баланс, может стать масштабное внедрение электромобилей. У электротранспорта есть два пути развития – на аккумуляторах (аккумуляторы и суперконденсаторы) и на топливных элементах, но пока ни одна из технологий не способна конкурировать с традиционными ДВС и требует значительной модернизации по ряду направлений.

Результаты интенсивно ведущихся в мире НИОКР позволяют полагать, что энергоемкость накопителей возрастет в разы, а их стоимость уже к 2020 г. снизится до 400 долл./кВтч и к 2030 г. – до 200 долл./кВтч. В более отдаленной перспективе, возможно, удастся уменьшить ее до 100 долл./кВтч. Заметим, что Министерством энергетики США поставлена задача к 2025 г. снизить стоимость накопителей до 250 долл./кВтч и сократить время зарядки до 6–10 минут, чтобы сделать его сопоставимым со временем заправки топливом обычного автомобиля. При выполнении этих требований электромобили должны стать экономически конкурентными с автомобилями, оборудованными ДВС.

Перспективы автомобилей на топливных элементах более туманны, – в том числе из-за высокой пожаро- и взрывоопасности. Поэтому в сценариях изменения транспортной энергетики наиболее перспективным направлением до 2040 г. видится совершенствование накопителей электроэнергии, а применение топливных элементов видится в более далекой перспективе.

По оценкам ИНЭИ РАН, электроэнергия может существенно расширить свое присутствие в транспортном секторе при выполнении ряда предпосылок:

1) страны ОЭСР и Китай продолжают поддержку “зеленого транспорта” и субсидируют электромобили до 2025 г.;

2) технологическое совершенствование накопителей обеспечит:

- запас хода на одной заправке до 300 км
- снижение стоимости на 50% (с 20 до 10 тыс. долл.)
- срок службы не менее 7 лет
- тройное уменьшение веса (до 100 кг)
- сокращение времени полного заряда от электросети 220 В до 30–40 минут;

3) правительства, энергокомпании и автоконцерны профинансируют создание инфраструктуры, при которой электромобили станут доступным для всех видом транспорта.

При реализации подобного сценария к концу периода с рынка жидкого топлива будет вытеснено до 600 млн. т нефти, и цена нефти снизится до 102 долл./барр., что приведет к падению объемов ее производства и экспорта в ряде регионов с высокими затратами на добычу, в частности – в Европе и странах СНГ, включая Россию.

Газовые гидраты. Одним из наиболее перспективных новых энергоресурсов являются газогидраты. Основные их ресурсы сосредоточены в морских донных отложениях и в районах вечной мерзлоты. По грубым отечественным и зарубежным оценкам, запасы газогидратов составляют 52–54% всех запасов газа на планете.

В Прогнозе-2013 до 2040 г. не ожидается появления экономически эффективной промышленной технологии добычи газогидратов. Но, поскольку японская компания *Japan Oil, Gas & Metals National Corp. (Jogmec)* заявила в 2013 г. о начале пробной разработки подводного газогидратного месторождения и получения из него газа, а также о планах получить пригодную для промышленного использования технологию к 2018 г., была проведена оценка диапазона экономической эффективности данной технологии. Заявленная разработчиками расчетная себестоимость добычи метана из поддонных газогидратов – 50 иен/куб. м (около 540 долл./тыс. куб. м). Расчеты ИНЭИ РАН показывают, что данная технология экономически конкурентоспособна только при затратах на добычу ниже 390 долл./тыс. куб. м. До момента достижения таких показателей особой угрозой для экспорта российских углеводородов она не представляет.

ВЛИЯНИЕ НА РОССИЮ

Объективно благоприятные трансформации мировой энергетики, и особенно рынков углеводородов, оборачиваются дополнительными рисками для энергетики и экономики России. В Прогнозе-2013 получены предварительные оценки

их последствий для экономического роста из-за уменьшения экспорта энергоресурсов. Для этого основные параметры исходного сценария (инновационный сценарий социально-экономического развития МЭР) – динамика потребления и возможности производства энергоресурсов в России, затраты на добычу, переработку и транспорт нефти и газа, а также действующие ныне экспортные пошлины и налоговая нагрузка на эти отрасли – были заложены в модели мировых энергетических рынков с целью: а) анализа реализуемости этих параметров исходного сценария в условиях жестких ограничений со стороны спроса и конкурирующих поставщиков на глобальных энергетических рынках и б) выявления возможных последствий для России различных вариантов развития мировой энергетики.

Настоящее исследование выявило большие угрозы российской экономике и энергетике в результате ожидаемых глубоких трансформаций мировых энергетических рынков. Расчеты показали существенное уменьшение по сравнению с исходным сценарием размеров воспринимаемых внешними рынками поставок российских углеводородов. По результатам моделирования на мировом рынке Россия оказалась среди замыкающих поставщиков с неполным использованием потенциальных возможностей добычи. В результате с учетом конъюнктуры внешних рынков, российский экспорт нефти и нефтепродуктов в прогнозе снизился после 2015 г. на 25–30% по сравнению с исходным вариантом с потерей 100–150 млрд. долл. ВВП в год, а экспорт газа – на 15–20% с потерей 40–50 млрд. долл. ВВП в год. Еще 40–50 млрд. долл. ВВП страна может ежегодно терять от снижения цен нефти и газа в случае реализации сценария “сланцевого прорыва”.

Снижение выручки от экспорта газа, а еще более – от продажи нефти на треть уменьшит вклад углеводородного экспорта в ВВП страны. Свойственные этим отраслям сильные мультипликативные эффекты, а также уменьшение притока в них иностранных капиталов существенно усилят воздействие спада экспортной выручки и замедлят развитие экономики страны в среднем на один процентный пункт ежегодно (см. [9]).

* * *

Углеводороды останутся в рассматриваемом периоде основой мировой энергетики. Более того, “сланцевая революция” на два-три десятилетия отодвинула угрозу исчерпания экономически приемлемых ресурсов нефти и газа, замедлила расширение использования неископаемых видов

топлива. Технологии сланцевой нефте- и газодобычи стимулируют регионализацию мировых рынков нефти и газа (при параллельной тенденции к интеграции рынков газа благодаря опережающему росту торговли СПГ). Трансформация региональных балансов, объемов и направлений поставок, а также уровней цен, изменит соотношение сил отдельных игроков на рынке, при этом некоторые из них (в частности – США) получат дополнительные возможности влиять на рынки углеводородов.

Анализ кривых спроса и предложения нефти и газа не выявил фундаментальных оснований для алармистских прогнозов в рассмотренный период – как слишком высоких, так и экстремально низких цен. Во всех ситуациях, от дальнейшего успеха до возможного провала сланцевых технологий, равновесные цены нефти в 2040 г. не выходят из диапазона 100–130 долл./барр. при хорошей корреляции с ними дифференцированных по регионам цен газа.

Перестройка мировой энергетики существенно изменит позиции основных участников рынков углеводородов. Наибольший выигрыш получит зачинатель “сланцевого прорыва” – США в ближайшие 5–10 лет обретут энергетическую независимость при низких ценах углеводородов, что станет стимулом их “новой индустриализации”. Главное же, США получают возможность осуществлять масштабный экспорт нефти и газа, а при желании – даже удерживать в течение 2–3 лет заниженные цены на них. Это может создать большие проблемы для России и слабых членов ОПЭК, а также предпосылки для развала организации. Одновременно исследование выявило радикальное ослабление рыночной силы ОПЕК: его способность влиять на цены нефти уменьшится почти вдвое – от –11...+5 долл./барр в 2011 г. до –2...+7 долл./барр в 2030 г. Дестабилизация же ОПЕК чревата скачком цен углеводородов с негативным воздействием на экономику Китая и недружественных США импортеров нефти и газа. Эти и другие геополитические аспекты ожидаемых трансформаций энергетических рынков потребуют специальных исследований их механизмов и количественных проявлений.

Сдвиги в мировой энергетике и особенно на рынках углеводородов создают дополнительные угрозы экономике России с замедлением ее в среднем на один процентный пункт ежегодно из-за уменьшения экспорта энергоресурсов. Россия в прогнозный период среди основных игроков на энергетических рынках будет наиболее чувстви-

тельна к негативным колебаниям рыночной конъюнктуры – снижению спроса, росту предложения и особенно – снижению цен. Высокие затраты и действующая налоговая система ограничат кон-

курентоспособность российских энергоресурсов на мировых рынках. Своевременная адаптация к возникающим жестким ограничениям должна стать важнейшей задачей отечественного ТЭК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров А.А., Григорьев Л.М., Митрова Т.А. *Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года*. ИНЭИ РАН и Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. Москва, 2013, 110 с.
2. Макаров А.А., Веселов Ф.В., Елисеева О.А., Кулагин В.А., Малахов В.А., Митрова Т.А., Филиппов С.П. *SCANNER – модельно-информационный комплекс*. Москва, ИНЭИ РАН, 2011, 72 с.
3. Макаров А.А. Модельно-информационная система для исследования перспектив энергетического комплекса России (SCANNER). *Управление развитием крупномасштабных систем*. Москва, Физматлит, 2012.
4. Grushevenko E., Grushevenko D. Unconventional Oil Potential Tends to Change the World Oil Market. *CSCanada Energy Science and Technology*, 2012, vol. 4, № 1, pp. 68–74.
5. Горячева А.О., Грушевенко Е.В., Грушевенко Д.А. Оценка влияния потенциальных шоков на мировой нефтяной рынок с использованием модели прогнозирования мирового рынка нефти. *Нефть, газ и бизнес*, 2013, № 6 (в печати).
6. Макаров А.А., Григорьев Л.М., ред. *Прогноз развития энергетики мира и России до 2035 года*. ИНЭИ РАН и РЭА. Москва, 2012, 195 с.
7. Макаров А.А., Митрова Т.А., Кулагин В.А. Долгосрочный прогноз развития энергетики мира и России. *Экономический журнал Высшей школы экономики*, 2012, том 16, № 2, сс. 172–204.
8. Word Population Prospects, the 2010 Revision, UN Population Division.
9. Макаров А.А., Митрова Т.А., Малахов В.А. Прогноз мировой энергетики и следствия для России. *Вопросы прогнозирования 2013* (в печати).

Global Energy Markets Outlook up to 2040

© 2014 MAKAROV Alexey Alexandrovich, Academician of Russian Academy of Sciences (RAS), Director of Energy Research Institute (ERI RAS), Moscow (Makarov_ire@zmail.ru); GALKINA Anna Alexandrovna, ERI RAS, Moscow (anne.galkina@gmail.com); GRUSHEVENKO Ekaterina Valerievna, ERI RAS, Moscow (e.grushevenko@gmail.com); GRUSHEVENKO Dmitry Alexandrovich, ERI RAS, Moscow (grushevenkod@gmail.com); KULAGIN Vyacheslav Alexandrovich, ERI RAS, Moscow (vakulagin@yandex.ru); MITROVA Tatyana Alexeevna, Ph.D. (Economics), ERI RAS, Moscow (mitrovat@me.com); SOROKIN Sergey Nikolaevich, ERI RAS, Moscow (ser.sorokin@yahoo.com).

The article presents methodology and the main results of the second Global and Russian Energy Outlook Up To 2040, shows the possible transformations of the major energy markets and identifies potential threats to the Russian energy sector and economic growth due to these changes.

Keywords: long-term outlook, economy, energy, energy markets, prices, oil, gas, fuel and energy complex.