ISSN 2409-5516

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№6(197), июнь 2024

РГАСНТИ 44.09.29

Тема номера

АТОМНАЯ ОТРАСЛЬ КАК ФАКТОР РОСТА И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

ЭНЕРГИЯ+

ОНЛАЙН-ЖУРНАЛ ОБ ЭНЕРГЕТИКЕ

От дизельного топлива до джакузи: изобретения, подарившие вечную жизнь именам своих изобретателей

ПРАВИТЕЛЬСТВО САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

КВАДРАТ РЕСУРС

2024

2–4 октября,
г. Южно-Сахалинск

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФОРУМ
НЕФТЬ И ГАЗ САХАЛИНА

ВОСТОЧНЫЙ ФОРПОСТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ И НОВЫЕ ЦЕЛИ

- СЕРВИСЫ И ТЕХНОЛОГИИ НА ШЕЛЬФЕ
- ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДОВ
- ЧИСТОЕ БУДУЩЕЕ. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И КЛИМАТ
- ЛОГИСТИКА И МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО
- ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ В БИЗНЕС. ОТ ИССЛЕДОВАНИЙ К ИННОВАЦИЯМ
- ВЫСТАВОЧНАЯ ПРОГРАММА
- МОЛОДЕЖНЫЙ ФОРУМ
- КРЕАТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕРРИТОРИЙ
- СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ

WWW.SAKHALINOILGAS.RU
+7 499 350 25 35

Реклама 12+

ЗАРУБЕЖНЕФТЬ

«ЗАРУБЕЖНЕФТЬ» — государственная российская нефтегазовая компания стратегического значения с богатой историей и уникальным опытом внешнеэкономической деятельности.

«ЗАРУБЕЖНЕФТЬ» специализируется на разработке нефтегазовых месторождений в России и за рубежом, обеспечивая эффективную и комплексную добычу углеводородных ресурсов.

УЖЕ БОЛЕЕ 40 ЛЕТ
«Зарубежнефть» успешно осваивает континентальный шельф юга Вьетнама в рамках совместного предприятия «Вьетсовпетро».

В ЧИСЛЕ ДРУГИХ ПРОЕКТОВ:

— разработка месторождений в Ненецком автономном округе (СК «РУСВЬЕТПЕТРО» и «ЗАРУБЕЖНЕФТЬ-добыча Харьяга»);

— применение передовых технологий добычи высоковязких сортов нефти на Кубе;

— повышение нефтеотдачи на зрелых месторождениях Узбекистана;

— реализация проектов в Египте и Индонезии.

Помимо этого, компания работает в сегменте «Нефтепереработка и сбыт» на территории Республики Сербской (Босния и Герцеговина), имеет в структуре собственные проектные институты подземного и наземного обустройства нефтегазовых месторождений, а также сервисные компании.

НАША КОМАНДА
В компании работают более 12 000 сотрудников по всему миру. **Каждый сотрудник «Зарубежнефти» — ОСНОВА компании.**

Наш сайт

Мы в Telegram

ЗАРЯЖАЕМ МИР
ЭНЕРГИЕЙ

Реклама 12+

Содержание

Слово редакторов

7 **В. Бушуев, А. Горшкова.** От атома к гаджету

От первого лица

8 **С. Цивилев.** Уважаемые читатели!

Атом

10 **Е. Адамов, А. Каширский.** Значение новой технологической платформы для ядерной энергетики России

18 **С. Чернавский.** ЯЭ как инструмент возможного смягчения глобальных угроз человечеству

Нефть

32 **Е. Телегина, В. Бессель.** Рано хоронить нефть

Газ

42 **Б. Санеев, Г. Лачков.** Особенности и проблемы пространственного развития восточной газотранспортной системы России

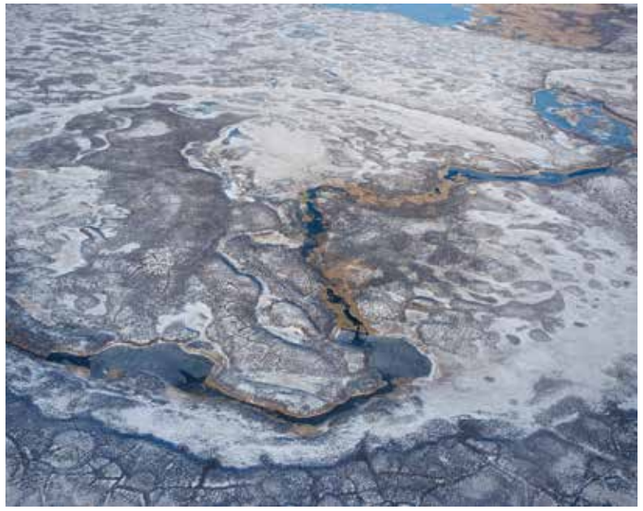
Энергопереход

58 **В. Кулагин, Д. Грушевенко, А. Галкина.** Исторические развилки и долгосрочное развитие энергетики

74 **В. Дребенцов, Н. Иванов, В. Семикашев.** Сценарий энергоперехода для России и мира

Энергетика

84 **И. Мухарямов.** Особенности формирования отвода земель для размещения электрических сетей различного напряжения



Contents

Editor's column

7 **V. Bushuev, A. Gorshkova.** From atom to gadget.

In the first person

8 **S. Tsivilev.** Dear readers!

Atom

10 **E. Adamov, A. Kashirsky.** The importance of a new technological platform for nuclear energy industry in Russia

18 **S. Chernavskii.** Nuclear energy as a tool for possible mitigation of several global threats to humanity

Oil

32 **E. Telegina, V. Bessel.** It's too early to bury oil

Gas

42 **B. Saneev, G. Lachkov.** Features and problems of spatial development of the Eastern gas transportation system of Russia

Energy transition

58 **V. Kulagin, D. Grushevenko, A. Galkina.** Historical forks and long-term energy development

74 **V. Drebentsov, N. Ivanov, V. Semikashev.** Energy transition scenario for Russia and the world

Energy

84 **I. Mukharyamov.** Features of the formation of land allotment for the placement of electrical networks of various voltages

УЧРЕДИТЕЛЬ

Министерство энергетики Российской Федерации, 107996, ГСП-6, г. Москва, ул. Щепкина, д. 42

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ФГБУ «РЭА» Министерства энергетики Российской Федерации

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

В. В. Бушуев – д. т. н., проф., г. н. с. ОИВТ РАН
Е. О. Адамов – д. т. н., науч. рук. АО «НИКИЭТ»
В. М. Батенин – член-корр. РАН, д. т. н., проф.
П. П. Безруких – д. т. н., проф. НИУ МЭИ
В. И. Богоявленский – член-корр. РАН, д. т. н., проф., г. н. с. ИПНГ РАН
А. И. Громов – к. г. н., гл. директор по энергетическому направлению Фонда «ИЭФ»
А. Н. Дмитриевский – акад. РАН, д. г.-м. н., научный руководитель ИПНГ РАН
С. А. Добролюбов – акад. РАН, д. г. н., проф., декан географического факультета МГУ
О. В. Жданеев – д. т. н., ЦКТР ТЭК
В. М. Зайченко – д. т. н., проф., г. н. с. ОИВТ РАН
М. Ч. Залиханов – акад. РАН, д. г. н., проф., зав. ЦГиЧС КБГУ
В. М. Капустин – д. т. н., проф., зав. кафедрой РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина
В. А. Крюков – акад. РАН, д. э. н., директор ИЭОПП СО РАН
А. И. Кулапин – д. х. н., ген. директор ФГБУ «РЭА» Минэнерго России
В. Г. Мартынов – к. г.- м. н., д. э. н., проф., ректор РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина
А. М. Мастепанов – акад. РАЕН, д. э. н., г. н. с. АЦЭПБ ИПНГ РАН
Н. Л. Новиков – д. т. н., проф., зам. науч. рук. АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
В. И. Рачков – член-корр. РАН, д. т. н., проф.
П. Ю. Сорокин – первый зам. министра энергетики РФ
Д.А. Соловьев – к.ф.-м. н., научный сотрудник Института океанологии РАН
В. А. Стенников – акад. РАН, д. т. н., проф., директор ИСЭ им. Мелентьева СО РАН
Е. А. Телегина – член-корр. РАН, д. э. н., проф., декан фак-та РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина
С. П. Филиппов – акад. РАН, д. т. н., директор ИНЭИ РАН
А. Б. Яновский – д. э. н., к. т. н.

Главный редактор
Анна Горшкова

Научный редактор
Виталий Бушуев

Зам. главного редактора по продвижению
Виолетта Локтева

Корректор
Роман Павловский

Фотограф
Иван Федоренко

Дизайн и верстка
Роман Павловский

Адрес редакции:
127083, г. Москва, улица 8 марта, д. 12
+79104635357
anna.gorshik@yandex.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77–75080 от 07.03.2019

Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК

При перепечатке ссылка на издание обязательна

Перепечатка материалов и использование их в любой форме, в том числе в электронных СМИ, возможны только с письменного разрешения редакции

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов

Редакция не имеет возможности вступать в переписку, рецензировать и возвращать не заказанные ею рукописи и иллюстрации

Тираж 1000 экземпляров

Периодичность выхода 12 раз в год

Цена свободная

Отпечатано в ООО «КОНСТАНТА», 308519, Белгородская область, Белгородский р-н, п. Северный, ул. Березовая, 1/12
E-mail: info@konstanta-print.ru

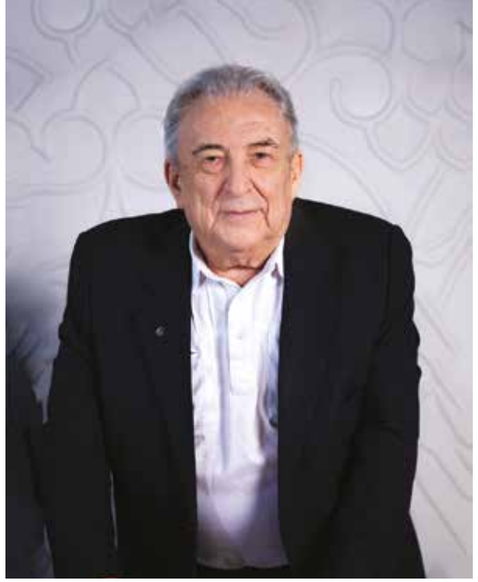
Подписано в печать: 05.06.2024

16+

Реклама 12+

РОССЕТИ

«Россети» — вместе в будущее



Виталий БУШУЕВ
Научный редактор журнала
«Энергетическая политика», акад. РАЕН и РИЭ, д. т. н.

Анна ГОРШКОВА
Главный редактор журнала
«Энергетическая политика»

От атома к гаджету

Энергопереход в массовом сознании стал ассоциироваться с заменой старых угольных ТЭЦ на новые «зеленые» ветровые и солнечные электростанции. Но с точки зрения экономики и производства, энергопереход представляет собой сложный процесс, затрагивающий структуру потребления энергии. Использование электрической энергии оказалось универсальнее, эффективнее, безопаснее и проще в быту и промышленности, чем жидкого топлива, газа или тепла. Данные процессы ускорятся с массовым внедрением новых технологий ее выработки, хранения и беспроводной передачи.

Уже сейчас производственные, финансовые, информационные или бытовые процессы становятся симбиозом информационных технологий и электричества: от смартфона и кухонных плит до перехода на криптовалюту и искусственный интеллект.

В результате, за последние 30 лет мировое потребление электроэнергии выросло в 3,5 раза: с 7323 ТВт·ч в 1980 г. до 25530 ТВт·ч в 2022 г. С учетом темпов роста населения, к 2050 г. этот показатель может достичь 31082 ТВт·ч. Такой объем потребления энергии невозможно покрыть без использования всех первичных источников, и в первую очередь, атомной энергии, способной системно и ровно работать в течение длительного периода времени. Как бы не призывали критики отказаться от ядерной энергетики, она все равно займет ведущее место в мировом энергобалансе. Поэтому сейчас стоит задача диверсифицировать ядерные технологии, сделать их безопасными и многофункциональными.

Сергей ЦИВИЛЕВ
Министр энергетики РФ

DOI 10.46920/2409-5516_2024_6197_8 EDN: QXQOOH

Уважаемые читатели!

Топливно-энергетический комплекс Российской Федерации – это основа всей экономики нашей страны. Он должен быть эффективным, надежным и безопасным, способным успешно конкурировать на международном рынке.

Президентом России Владимиром Путиным поставлены масштабные задачи по качественной трансформации отрасли и ее поступательному развитию, и мы должны приложить все усилия для выполнения этих задач.

Как отметил глава государства на заседании Совета по стратегическому развитию и нацпроектам, «мы все должны себя чувствовать мобилизованными, и только так мы добьемся тех целей, которые перед собой ставим». Мобилизация всех имеющихся ресурсов, технологических и интеллектуальных возможностей необходима для формирования энергии будущего, которая сделает ТЭК надежной платформой для процветания России.

Отечественный топливно-энергетический комплекс должен опираться на российскую инженерную школу, научные решения и разработки нашей промышленности, должен использовать в своей работе лучший российский опыт предыдущих поколений.

Энергия станет основой технологического суверенитета страны и продвижения российских технологий на мировых энергетических рынках. Именно она откроет дорогу новым идеям и перспективам.

В отраслях ТЭК трудятся более 2,6 млн граждан России. Я уверен, что, работая вместе с компаниями, регионами, гражданами нашей страны, мы добьемся еще более слаженной работы ТЭК, обеспечим стабильность внутреннего рынка и технологическое лидерство России на международной арене.

УДК 621.039 DOI 10.46920/2409-5516_2024_6197_10 EDN: XEMARM

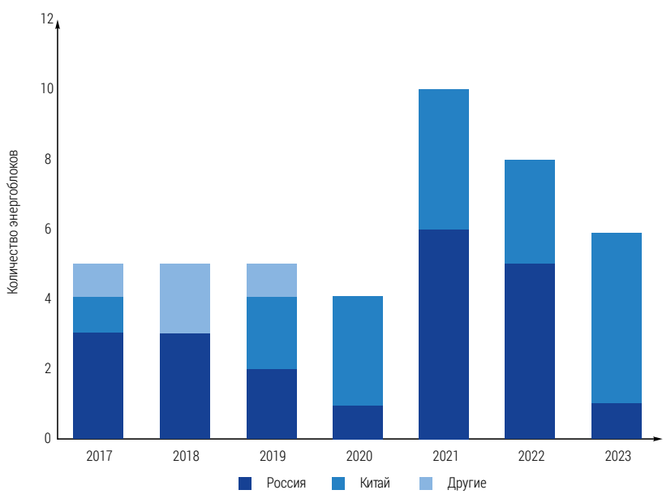
Значение новой технологической платформы для ядерной энергетики России

The importance of a new technological platform for nuclear energy industry in Russia

Евгений АДАМОВ
Научный руководитель проектного направления «Прорыв» и АО «НИКИЭТ»
E-mail: EOAdamov@rosatom.ru

Andrey KASHIRSKY
Head of Analytics, Proryv JSC
E-mail: AnAKashirsky@rosatom.ru

Рис. 1. Количество энергоблоков АЭС, по которым начато строительство с учетом страны-поставщика технологий [1]



Аннотация. В статье сформулирован перечень наиболее важных технологий и этапы реализации ключевого проекта отечественного ядерного энергетического комплекса, направленного на существенное увеличение доли ядерной энергетики (ЯЭ) в энергобалансе России и, в перспективе, в мире в XXI веке. Представлены актуальные результаты продвижения работ по созданию инновационных реакторных и топливных технологий, коммерциализация которых позволит атомной энергетике перейти в разряд источников энергии, исключающих высокие риски для окружающей среды и человека. Обозначены перспективные направления развития разрабатываемых промышленных энергетических комплексов (ПЭК) на базе реакторов на быстрых нейтронах (РБН) и замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) в России, в том числе в целях удовлетворения спроса электроэнергетических рынков на АЭС малой и средней мощности. Представлены ключевые преимущества перехода к двухкомпонентной структуре ЯЭ и его значение для России.
Ключевые слова: ядерная энергетика, реакторы на быстрых нейтронах, замкнутый ядерный топливный цикл, безопасность, промышленный энергетический комплекс, IV поколение.

Abstract. The article presents a list of high-priority technologies and implementation stages of a key project for the Russian nuclear industrial complex, aimed at a substantial increase in the share of nuclear power in Russia's energy balance and, in a longer term, the world. Important results of advanced reactor and fuel technology development are presented, the commercialization of which will allow nuclear power to become a source of energy that avoid high risks to the environment and humanity from the point of view of safety, ecology, and the economy. The article identifies promising areas for the development of industrial energy complexes (IECs) under development based on fast neutron reactors (FRs) and a closed nuclear fuel cycle (CNFC) in Russia in order to meet the demand of electricity markets for small and medium-power NPPs.
Keywords: nuclear power engineering, fast neutron reactors, closed nuclear fuel cycle, safety, industrial energy complex, IV generation.

С 2000 г. доля ядерной энергетики в энергобалансе России выросла на 5%. Ее доля в производимой электроэнергии составляет примерно 20%

В настоящий момент лидирующие позиции России в сфере ядерной энергетики признаны на международном уровне и не вызывают сомнений. В мировом рейтинге Россия занимает 5-е место по установленной мощности АЭС (с учетом временно остановленных энергоблоков в Японии), 4-е – по годовому объему производимой электроэнергии (после США, Франции и Китая) и 1-е – по количеству энергоблоков, сооружаемых за пределами национальных границ.

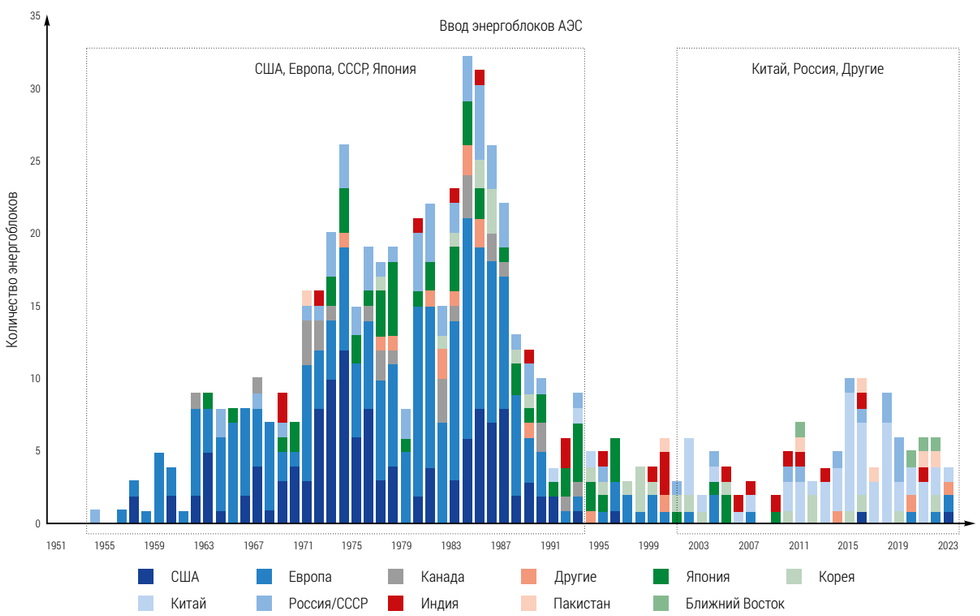
Несмотря на сохранение с 1989 г. примерно одного и того же суммарного уровня производства электроэнергии в стране, начиная с 2000 г. доля ЯЭ в балансе электроэнергии России выросла на 5%. Последние годы ее доля в производимой в стране электроэнергии составляет примерно 20%. В мировом потреблении первичной энергии доля ЯЭ в настоящее время составляет всего около 4%, а в электрической генерации снизилась с 17,5% до примерно 10% за период с 1996 г. по настоящее время. Такое положение дел связано с усилением позиций конкурирующих технологий генерации на базе ВИЭ, общественной реакцией на тяжелые аварии (Три-Майл-Айленд, Чернобыль, Фукусима), ростом затрат на безопасность АЭС и, наконец, отсутствием социально приемлемых реше-

ний проблемы накопления отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО) и поддержания режима нераспространения ядерного оружия.

На фоне остальных стран Россия выделяется также тем, что является единственной страной, успешно эксплуатирующей реакторы на быстрых нейтронах промышленного уровня мощности – БН-600 и БН-800. В 2023 г. на энергоблоке с БН-800 Белоярской АЭС завершилось формирование 100% активной зоны с МОКС-топливом, что является важнейшей вехой в части отработки технологий замкнутого ядерного топливного цикла в России. Важно отметить, что в настоящий момент Россия является единственной страной, создающей ядерную энергетическую систему (ЯЭС), полностью удовлетворяющую критериям «IV поколения», изложенным ранее в материалах основанного в 2000 г. форума GIF (Generation IV International Forum), Согласно уставу [2], целью данного форума является разработка концепции одной или нескольких ядерных энергетических систем четвертого поколения, которые могут обеспечить конкурентоспособные по цене энергетические продукты, решая проблемы ядерной безопасности, утилизации ядерных отходов, поддержки режима нераспространения и общественного восприятия ядерной энергетики. Понятно, что для выполнения данной цели помимо реактора необходимы также производства, обеспечивающие его топливный цикл, т. е. все необходимые переделы, от получения сырья и изготовления топлива, до переработки ОЯТ и окончательной утилизации отходов. Такая система в настоящий момент создается в г. Северске, Томской области на площадке АО «СХК» в рамках проектного направления «Прорыв» госкорпорации «Росатом». Проект предполагает создание опытно-демонстрационного энергетического комплекса (ОДЭК), который включает энергоблок с быстрым реактором БРЕСТ-ОД-300 «естественной безопасности» со свинцовым теплоносителем и пристанционные модули по производству топлива и переработки облученного ядерного топлива (ОЯТ) [3]. В 2023 г. на объекте завершился монтаж строительных конструкций градирни, выполнены монтаж опорной плиты корпуса блока РУ и устройство шахты РУ.

В 2024 г. на площадке ОДЭК в рамках проведения международного форума «АТОМЭКСПО-2024» выполнен тестовый запуск линии карботермического синтеза на модуле фабрикации ядерного топлива.

Рис. 2. Падение темпов ввода энергоблоков АЭС с середины XX века [1]



Критерии ЯЭС поколения IV	Их выполнение в рамках проектного направления «Прорыв»
Устойчивое развитие	• запасы сырья на тысячи лет; • воспроизводство ядерного топлива; • кардинальное снижение потенциальной биологической опасности отходов ядерной энергетики
Безопасность и надежность	• исключение аварий, требующих эвакуации населения; • интегральная компоновка; • плотное смешанное нитридное уран-плутониевое топливо
Экономика	• конкурентоспособная стоимость производимой электроэнергии
Поддержка режима нераспространения ЯО и физическая защита	• способствуют утилизации оружейных ЯМ; • отказ от обогащения урана; • переработка ОЯТ без выделения урана и плутония оружейного качества.

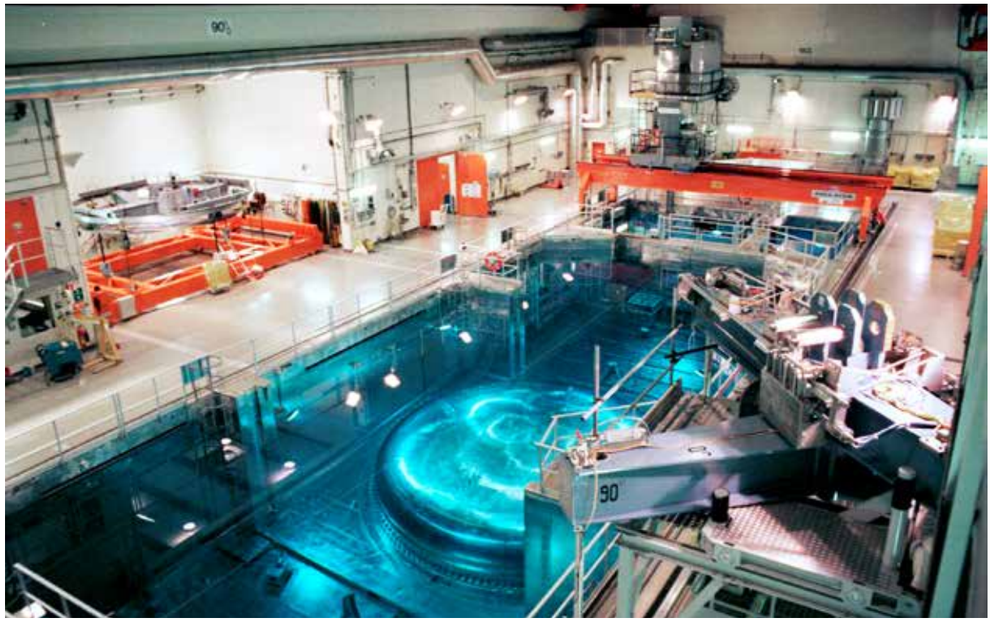
Таблица 1. Соответствие требований ПН «Прорыв» критериям ЯЭС «IV поколения»

До пуска энергоблока в 2027 г. модуль фабрикации произведет стартовою загрузку активной зоны реактора. Запуск замыкающего элемента ОДЭК – модуля переработки ОЯТ, ожидается в 2030 г. Таким образом, в России создаются все необходимые элементы новой технологической платформы для преодоления ключевых барьеров крупномасштабного развития ядерной энергетики. Тиражирование подобных комплексов, но уже коммерческих, позволит выполнить следующие задачи:

- исключить тяжелые аварии, требующие эвакуации населения (Три-Майл-Айленд, Чернобыль, Фукусима);
- исключить какие-либо ограничения по топливной базе, поскольку система воспроизводит делящиеся материалы с коэффициентом 1 благодаря быстрому спектру нейтронов в реакторе и нитридному топливу;
- исключить захоронение радиоактивных отходов, представляющих неприемлемый риск для населения и окружающей среды, так как потенциально долгоживущие опасные радионуклиды рециклируются в топливном цикле системы;
- технологически обеспечить режим нераспространения ядерного оружия, поскольку переработка осуществляется без выделения урана и плутония оружейного качества, а система способствует утилизации «привлекательных» ядерных материалов;
- обеспечить конкурентоспособную стоимость производимой электроэнергии, что дает полную независимость от каких-либо природных ресурсов в обозримой перспективе, снижение обременения по хранению и захоронению отходов АЭПК и эф-

Рис. 3. Загрузка нижнего яруса ограждающей конструкции быстрого реактора БРЕСТ-ОД-300 в 2023 г.

Источник: фотоархив АО «СХК»



Реакторный цех атомной станции

Источник: novyefoto.ru

фективное использование топлива за счет высокой глубины выгорания топлива.

Согласно Стратегии развития ядерной энергетики России до 2050 г. и перспективы на период до 2100 г. [4], основной прирост установленной мощности РБН в первой половине XXI века предполагается осуществить за счет строительства энергоблоков большой мощности, на уровне 1250 МВт(э). Ключевыми РУ в этом отношении являются БН-1200М с натриевым теплоносителем и БР-1200 со свинцовым теплоносителем. На сегодняшний день на площадке Белоярской АЭС проведены все виды изысканий, завершена разработка ОБИН, проведена отраслевая экспертиза для сооружения энергоблока № 5 Белоярской АЭС с БН-1200М. Ввод в эксплуатацию энергоблока запланирован на середину 2030-х гг. В части сооружения промышленных энергокомплексов (ПЭК) с РУ БР-1200, основанных на опыте проектирования и сооружения ОДЭК, особое внимание сегодня уделяется возможности их приоритетного размещения в энергосистемах Урала и Сибири. Стоит отметить, что в данных регионах есть большой потенциал для замещения крупных угольных электростанций в целях улучшения экологической обстановки и повышения роли низкоуглеродной генерации в энергетике. При этом технологически и экономически оправданным представляется размещение подобных энергокомплексов не менее чем с двумя РБН вместе с пристанционными топливными производствами замкнутого ЯТЦ (ЗЯТЦ). Последние расчеты экономической эффективности промышленных энергокомплексов, выполненные по актуальным результатам проектных проработок, показывают, что энергоблоки АЭС с РБН при серийном сооружении и достижении целевых технико-экономических показателей могут обеспечить конкурентоспособное производство электроэнергии в сравнении с парогазовыми установками и ВИЭ, сооружаемыми на территории России. Реализация проектов серийного сооружения АЭС при ставках дисконтирования до 5% приведет к увеличению конкурентоспособности ядерной энергетики и окажет синергетический эффект на экономику РФ. Применительно к ПГУ дополнительно рассмотрено влияние возможного введения платы за выбросы парниковых газов, которая принята в диапазоне от 0 до 50 долл./т CO_2.

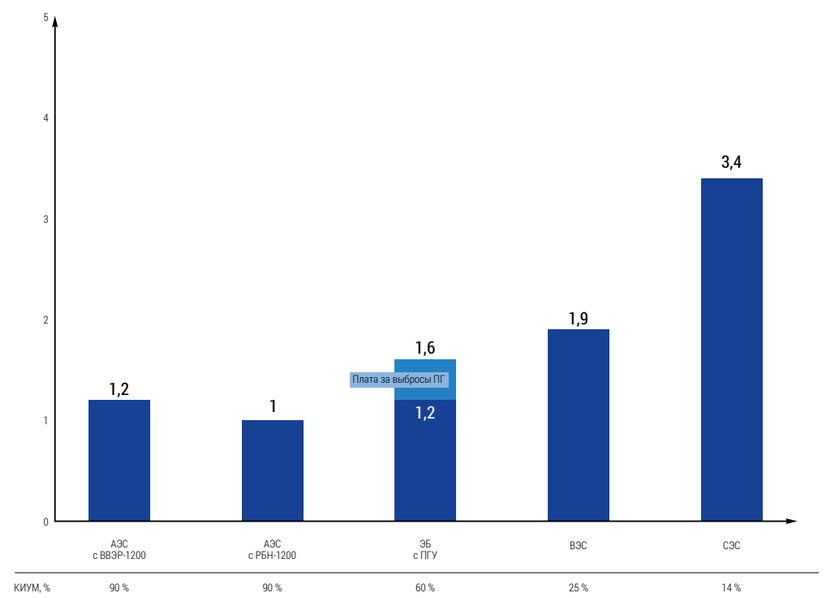
Тем не менее, стоит также отметить, что подход к развитию атомной промышленности в России, основанный исключительно на базе реакторов большой мощности в некоторой степени ограничивает потенциал для широкомасштабного тиражирования решений новой технологической платформы. После частичного исчерпания площадок для размещения крупных АЭС, все большую актуальность будут иметь коммерческие энергоблоки средней мощности с характеристиками, позволяющими оптимально встраиваться в существующую энергосистему и учитывать ее потребности в маневренном режиме работы электростанций. Такое решение возможно реализовать, в том числе, на базе ОДЭК, не потеряв ключевые преимущества технологий ядерных систем IV поколения. Для успешной коммерциализации решений ОДЭК целесообразно:

- выполнить оценку потенциального экономического эффекта от перевода всех опытно-демонстрационных элементов ОДЭК в коммерческое, серийное исполнение;
- выполнить проработку возможности увеличения КПД АЭС ПЭК средней мощности за счет дополнительного нагрева пара перед турбиной с использованием тепловой энергии органического топлива;
- продолжить НИОКР в обоснование новых конструкционных материалов с доведением теплотехнических параметров РУ и ЭБ до лучших возможных показателей в целях увеличения КПД АЭС.

Современные АЭС с РУ на тепловых нейтронах работают с КПД на уровне 35%, что ниже КПД в 45% у современных тепловых электростанций и значительно ниже КПД парогазовых электростанций последнего поколения, равного 60%. АЭС с реакторами на быстрых нейтронах, такими как БРЕСТ-ОД-300, обладают КПД

На фоне остальных стран Россия выделяется тем, что является единственной страной, успешно эксплуатирующей реакторы на быстрых нейтронах промышленного уровня мощности – БН-600 и БН-800

Рис. 4. Показатель LCOE конкурирующих энерготехнологий (расчет при реальной ставке дисконтирования 5%), в относительных единицах



Формируемая в России ядерная энергетическая система IV поколения с замыканием ядерного топливного цикла на базе РБН использует Pu в качестве возобновляемого энергетического ресурса

на уровне 43%. Увеличение КПД АЭС до уровня 50% и выше, при безусловном соблюдении норм и правил ядерной и радиационной безопасности, позволит улучшить экономические показатели комплексов средней мощности и заменить часть старых, низкоэффективных ТЭС, работающих на органическом топливе. Теоретическая возможность достижения таких параметров на примере быстрых и тепловых реакторов приведена в работах [5, 6].

Замещение органического топлива низкоуглеродными источниками энергии является ключевым вопросом в современной энергетической политике. При планировании замещения одной технологии генерации на другую стоит учитывать то обстоятельство, что такой переход имеет значительные социально-экономические последствия для населения, напрямую или косвенно связанного с выводимыми из эксплуатации объектами. Глобальный тренд на сокращение доли использования органического топлива в энергобалансе безусловно повлияет на судьбу сотни тысяч людей, работающих в отраслях энергетики, связанных с нефтегазовой и угольной инфраструктурой. Это в конечном счете может негативно сказаться на стабильности регионов, экономически зависимых от использования полезных ископаемых в той или мной степени. Важно отметить, что переход на альтернативные источники энергии предоставляет также новые возможности для создания высококвалифицированных рабочих мест и развития новых отраслей экономики. Проекты в сфере ядерных энергетических технологий создают новые рабочие места в области исследований и разработок, производства и установки оборудования, а также в сфере строительства и эксплуатации АЭС и различных предприятий ядерного топливного цикла, что, в конечном счете, приведет к экономическому росту и развитию, увеличению инвестиций и стимулированию инноваций. Одним из вариантов поддержки регионов, где переход к низкоуглеродным технологиям генерации представляет особую целесообразность (например, регионы с высокой концентрацией угольных станций), может быть строительство объектов новой технологической платформы, а именно, промышленных энергокомплексов, объединяющих реакторные и топливные технологии на одной площадке. Такие объекты будут представлять большой интерес для региональных экономических субъектов, с точки зрения создания новых рабочих мест, гарантирующих стабильный запрос на высококвалифицированный персонал на долгие десятилетия вперед.

Доставка опорной плиты для реактора БРЕСТ-ОД-300 *Источник: proryv2020.ru*

Отдельно стоит отметить, что развитие новой технологической платформы ядерной энергетики также усилит позиции международного присутствия России на зарубежных рынках. В условиях обострения конкуренции на нефтяном и газовом рынках для обеспечения собственной экономической безопасности Россия стратегически заинтересована в ускоренном развитии экспорта высокотехнологичной, наукоемкой продукции на базе ЯЭ. АЭС и услуги ЯТЦ стали одними из ключевых несырьевых направлений экспорта для страны. Однако конкуренция на внешнем рынке в последние годы обостряется. Кроме традиционных конкурентов (США, Франция, Япония, Канада) на рынок выходят другие игроки (в первую очередь Китай), предлагающие аналогичные реакторы на тепловых нейтронах и дешевые кредитные ресурсы. В этом отношении разрабатываемые в России инновационные реакторные и топливные технологии создают предпосылки для формирования совершенно уникального предложения для всей мировой атомной промышленности. Формирование второй компоненты ядерной энергетики в России в виде реакторного парка РБН создает экономически оправданных, эффективных потребителей не только отечественных, но и зарубежных плутония и минорных актинидов – наиболее проблемных с радиологической точки зрения составляющих отходов ядерного топлива [7]. Регенерированные из ОЯТ материалы также могли бы использоваться для производства топлива для действующих или будущих реакторов на территории заказчика услуг АЭПК России. Формируемая в России ядерная энергетическая система IV поколения с замыканием ядерного топливного цикла на базе РБН использует Pu в качестве возобновляемого энергетического ресурса и позволяет экологически и экономически приемлемо утилизировать минорные актиниды, образуемые в результате облучения топлива. Сегодня Россия является единственной страной мира, где существуют все предпосылки для получения референций и успешного масштабирования вышеприведенных решений в перспективе 10–20 лет. Одновременно страна может стать международным центром рынка услуг по обращению с ОЯТ и РАО на базе технологий, которые чрезвычайно трудно воссоздать или скопировать в любой другой стране мира. В этом отношении можно уверенно утверждать, что ставка на инновации в ядерной энергетике России создаст необходимые предпосылки для кардинального увеличения доли высокотехнологичного экспорта страны и укрепит ее технологический суверенитет на долгие годы вперед.

Использованные источники

1. *База данных МАГАТЭ PRIS по состоянию на 07.05.2024 https://pris.iaea.org/pris/home.aspx*
2. *Устав Generation IV International Forum. (GIF Charter November 2006) https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_83851/charter-nov2006*
3. *Адамов Е.О., Каплиенко А.В., Орлов В. В., Смирнов В.С., Лопаткин А.В., Лемехов В.В., Моисеев А.В. Быстрый реактор со свинцовым теплоносителем БРЕСТ: от концепции к реализации технологии // Атомная энергия. Т. 129. Вып. 4. Октябрь 2020.*
4. *Протокол заседания Президиума научно-технического совета Госкорпорации «Росатом» на тему: Стратегия развития ядерной энергетики России до 2050 г. и перспективы на период до 2100 г. (Стратегия 2021) от 15 марта 2022 г.*
5. *Макаров С.А. Повышение эффективности АЭС с БРЕСТ-300 посредством использования тепловой энергии природного газа // Атомная энергия. Т. 134. №3-4, 2023.*
6. *Darwish M.A., Fatimah M. Al Awadhi, Anwar O. Bin Amer, Combining the nuclear power plant steam cycle with gas turbines, Energy, Volume 35, Issue 12, 2010.*
7. *Зеленая книга ядерной энергетики / Под ред. Е.О. Адамова. – М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2024. – 232 с.*

УДК 621.039 DOI 10.46920/2409-5516_2024_6197_18 EDN: ADRHSD

ЯЭ как инструмент возможного смягчения глобальных угроз человечеству

Nuclear energy as a tool for possible mitigation of several global threats to humanity

Сергей ЧЕРНАВСКИЙ
Главный научный сотрудник ЦЭМИ РАН,
д. э. н., к. т. н.
E-mail: sergeichernavsky@mail.ru

Sergei CHERNAVSKII
Doctor of Economics, PhD (in Engineering),
Chief Researcher of the Central Economics and
Mathematics Institute of RAS
E-mail: sergeichernavsky@mail.ru

АЭС Лагуна-Верде, Мексика

Источник: ru.wikipedia.org

Аннотация. Атомные электростанции стали рассматриваться в последнее время в качестве претендента на роль инструмента, способного смягчить растущие угрозы человечеству, хотя их сооружение, казалось, было надолго остановлено тремя катастрофическими авариями на АЭС США, СССР и Японии. Для освещения этого вопроса АЭС рассматриваются не только как потребители первичной энергии, но и как генераторы запасов первичной энергии, а также изотопов урана и плутония, которые могут быть использованы для производства вооружений большой разрушительной мощности. Такое рассмотрение ядерной энергетики позволило выявить еще одну глобальную антропогенную угрозу, появляющуюся при широкомасштабном развитии ядерной энергетики – расширение круга стран, которые могут стать инициаторами крупных вооруженных межстрановых конфликтов. Показывается, что в интересах человечества ренессанс позитивного отношения к широкомасштабному развитию ядерной энергетики, как энергоснабжающей системы, возможен, однако для практического использования ее как инструмента смягчения угроз человечеству должен быть выполнен ряд условий, сформулированных в статье.
Ключевые слова: ЯЭ, атомная электростанция, издержки производства электроэнергии, первичная энергия, вероятность аварии, приемлемость, глобальное потепление климата, нетрадиционные возобновляемые источники энергии, истощение ресурсов органического топлива, «энергетический голод», запроектная авария, делящиеся материалы.

Abstract. Nuclear power plants (NPPs), whose construction seemed to have been permanently halted by three catastrophic accidents at nuclear power plants in the USA, USSR and Japan, have been considered in many countries in the last few years as a contender for the role of an instrument capable of mitigating the growing threats to humanity. It is shown that NPPs have inherent properties that can both help and hinder the role of nuclear power in mitigating the harmful effects of impending global threats. To cover this issue, nuclear power plants are considered not only as consumers of primary energy, but also as generators of primary energy reserves, as well as uranium and plutonium isotopes that can be used to produce weapons of great destructive power. This consideration of nuclear energy has revealed another global anthropogenic threat arising from the large-scale development of nuclear energy – the expansion of the circle of countries that can become initiators of major armed inter-country conflicts. It is shown that a renaissance of positive attitude towards the large-scale development of nuclear power as an energy supply system is possible in the interests of mankind, but a number of conditions formulated in the article must be met for its practical use as a tool for mitigating threats to mankind.
Keywords: nuclear power, nuclear power plant, primary energy, accident probability, acceptability, global climate warming, unconventional renewable energy sources, depletion of fossil fuel resources, energy hunger, beyond design basis accident, fissile materials.

Введение

В последние годы несколько антропогенных угроз комфортной жизни людей на Земле и существованию человечества, ранее казавшиеся гипотетическими и отдаленными, приобрели реальные очертания.

Во-первых, сокращаются и постепенно истощаются запасы нефти и природного газа. Нефть и природный газ становятся все более дорогостоящими, а для некоторых потребителей очень дорогими, но трудно заменимыми другими видами энергии.

В энергетических балансах многих стран – членов ООН (а это практически все страны мира) спрос на нефть и газ не покрывается сегодня их собственными запасами. Приходится импортировать эти полезные ископаемые по ценам, завышенным из-за неконкурентности рынков.

Если истощение природных источников нефти и газа для всей совокупности стран

мира – дело все же отдаленного будущего (возможно, порядка 80–100 лет) (см., например, Велихов, Гагаринский, Субботин, Цибульский, 2006, с. 16), то для многих государств, в том числе, развитых, – это проблема вчерашнего дня. Таким образом, первая угроза всему человечеству (в отдаленной перспективе) и многим странам (в среднесрочной перспективе) – это «энергетический голод».

Во-вторых, эмпирически установлено значительное расширение на Земле территорий, на которых наблюдается формирование экстремально дискомфортных для человека условий жизни, а также увеличение частоты и амплитуды природных катаклизмов (таяние ледников, наводнения, штормы, бури, ураганы, торнадо, продолжительные засухи, экстремально высокие температуры окружающего воздуха и т. п.). Многочисленными исследованиями и расчетами климатических математических моделей установлено, что наблюдаемые экстремальные феномены в атмосфере и гидросфере Земли скоррелированы с антропогенными выбросами парниковых газов. Их основными эмитентами являются энергетические установки, сжигающие органическое топливо. Таким образом, вторая угроза всему человечеству – потепление климата на Земле.

Полностью предотвратить претворение этих двух угроз в реальную жизнь невозможно. Действительно, даже если рост численности населения Земли будет полностью остановлен, поддержание комфортного проживания в течение сотен лет примерно 8 млрд людей, а по некоторым оценкам отдаленного будущего – 10–15 млрд чел. (Бабаев, Демин, Ильин и др., 1981, с. 22–23; Велихов, Гагаринский, Субботин, Цибульский, 2006, с. 12) потребует огромного количества первичной энергии, превосходящей мировые запасы нефти и газа.

Когда-то казалось, что человечество выручит уголь, запасов которого на Земле хватит на сотни лет. Однако из-за нарастающей угрозы потепления климата «угольная» траектория, скорее всего, будет так или иначе заблокирована мировым сообществом. К тому же пока нет оснований надеяться на то, что удастся с приемлемыми затратами «захоронить» на Земле тот поистине огромный объем двуокиси углерода, который будут выбрасывать в атмосферу предприятия энергетического сектора

Белоярская АЭС
Источник: «Росэнергоатом»

мировой экономики, обеспечивающие ее энергией, получаемой при сжигании угля.

Не все аналитики признавали и признают серьезность угроз истощения на Земле природных источников энергии[1] и потепления климата[2], несмотря на теоретические и эмпирические аргументы в пользу этих сценариев. Это не только тормозит разработку мер противодействия рассматриваемым угрозам, но и мешает координации усилий всех стран, направленных на смягчение нежелательных для человечества последствий данных угроз. В последние годы под влиянием наблюдаемых феноменов в атмосфере и гидросфере Земли количество людей и стран в мире, которые признают эти угрозы реальными, а не спекулятивными, значительно увеличилось. Для их смягчения предпринимаются дополнительные усилия.

В качестве приоритетных направлений, которые могут существенно смягчить или даже купировать «вредность» указанных угроз человечеству, сейчас рассматриваются:

– широкомасштабное использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ), в палитре которых наибольшее внимание уделяется освоению ветровой энергии, преобразованию солнечного света и извлечению энергии из биотоплива (в некоторых странах приоритетны другие ВИЭ, например, в Исландии – геотермальные воды);
– широкомасштабное развитие ядерной энергетики.

Исследованию перспектив НВИЭ сегодня посвящается наибольшее количество работ. Это объясняется, во-первых, огромными успехами инженеров и дизайнеров, которым удалось добиться впечатляющего снижения издержек производства электроэнергии и тепла на ветряных и солнечных электростанциях, а также на теплостанциях, использующих солнечную энергию и биотопливо. Во-вторых, использование НВИЭ снижает зависимость энергетического сектора страны – импортера энергии от других стран, так как для энергоснабжения утилизируются только собственные источники НВИЭ. В-третьих, НВИЭ могут обеспечить в рамках вычислимых ограничений устойчивость энергоснабжения на очень отдаленную перспективу, когда большинство других природных источников энергии, доступных стране, уже истощатся. В-четвертых, использование таких источников энергии, как ветер, солнечный свет, тепло геотермальных вод, океанские и морские приливы непосредственно не влекут за собой эмиссию парниковых газов и, соответственно, помогают смягчению угрозы потепления климата на Земле.

Захоронение ядерных отходов
Источник: quo.eldiario.es

Даже если рост численности населения Земли будет остановлен, поддержание комфортного проживания в течение сотен лет 8 млрд людей потребует огромного количества первичной энергии

Хотя для реализации проектов энергоустановок, использующих НВИЭ, часто все еще прибегают к субсидиям, уже реализовано много локализованных рентабельных энергетических проектов.

При анализе перспектив использования ядерной энергетики (ЯЭ) как инструмента, способного смягчить угрозы наступления «энергетического голода» и потепления климата на Земле, следует обратить внимание, что она производит не только энергию, но и делящиеся изотопы урана и плутония. Они, в свою очередь, могут служить материалами для использования в секторе здравоохранения и для изготовления ядерного вооружения. При этом вещества для вооружения могут производиться как системой приготовления топлива для АЭС (путем обогащения природного урана), так и в ядерных реакторах. Приоритетность и структура производимых продуктов зависит от цели реализованного проекта. В известном Манхэттенском проекте производство делящихся изотопов было основным, а производство энергии – попутным продуктом.

В современных АЭС с реакторами на тепловых нейтронах производство энергии, как правило, – основной продукт. Ценность производимых делящихся материалов зависит от того, как они используются.

Если выгруженное из ядерного реактора отработанное топливо не перерабатывается, а складируется в специальных хранилищах, то полученные в ядерном реакторе делящиеся материалы – это отходы производства электроэнергии на АЭС. В этом случае широкое применение АЭС играет только роль инструмента, противостоящего угрозе потепления климата.

[1] «Надо четко представлять себе, что <…> «энергетический голод» не угрожает человечеству даже в отдаленном будущем» (Стырикович, 1979, с. 11).

[2] «Возобновляющиеся энергоресурсы вряд ли могут составить заметную часть в энергобалансе мира даже в весьма отдаленном будущем» (Стырикович, 1979, с. 22).

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(197) / 2024

Тяньваньская АЭС

Источник: Аркадий Сухонин / «Росатом»

А роль инструмента, смягчающего в отдаленной перспективе угрозу «энергетического голода», она сыграть уже не сможет. Использование ядерной энергетики как инструмента смягчения угрозы потепления климата ограничено объемами запасов изотопа урана-235 в ураносодержащих природных материалах.

Если выгруженное отработанное топливо будет перерабатываться с сепарацией из него делящихся материалов, тогда АЭС становится производителем трёх продуктов: электроэнергии, тепла и делящихся материалов.

С ростом мощности системы АЭС ядерная энергетика сыграет две роли: как инструмент, который может смягчить энергетический голод, и как инструмент, снижающий антропогенные выбросы в атмосферу

Если полученные ядерные материалы будут использоваться для изготовления топлива, загружаемого в АЭС, ядерная энергетика может сыграть роль инструмента, смягчающего (даже в отдаленной перспективе) как угрозу истощения источников первичной энергии, так и угрозу глобального потепления климата.

В подавляющем большинстве работ, посвященных развитию ядерной энергетики, ее функции ограничиваются производством электроэнергии.

Если исходить из того, что ядерная энергетика производит в качестве полезного продукта только энергию, некоторые решения, которые были приняты странами и международными организациями, придется оценить как нерациональные. Например, нерациональным будет выглядеть вступление в МАГАТЭ многих стран, которые не только не строят, но и не планируют строить АЭС. Нерациональным при таком подходе представляется также строительство АЭС в странах с изобилием запасов нефти и газа. Однако если исходить из того, что атомная энергетика производит не только электроэнергию, но и делящиеся материалы, которые могут быть использованы для ядерного вооружения и в сфере здравоохранения, то приведенные выше решения представляются уже вполне рациональными.

Решение использовать энергию, извлекаемую из ядерного топлива с помощью ядерных реакций, для производства электроэнергии возникло только через несколько лет после того, как в Манхеттенском проекте была решена его основная задача – создание атомной бомбы. В ходе выполнения этого проекта удалось создать и технику обогащения природного урана до требуемых уровней, и управляемые цепные ядерные реакции деления ядер урана-235 и плутония и поглощения нейтронов с образованием делящихся изотопов плутония.

С развитием энергетического направления утилизации тепла ядерных реакций деления урана и плутония у стран, электроэнергетический баланс которых был дефицитен, появилась обоснованная надежда на то, что электроснабжение их экономики в недалеком будущем будет осуществляться атомными электростанциями[3].

Значимость этого развития событий для человечества проявилась не сразу. Но в 1960-х – начале 1970-х гг. (благодаря использованию экономии издержек при повышении единичной мощности энергоблоков) в США, СССР, Японии, Англии, Франции, ФРГ удалось снизить удельные (на 1 кВт·ч) издержки на АЭС с реакторами на тепловых («медленных») нейтронах ниже удельных издержек ТЭС на органическом топливе (в базовой зоне электрических нагрузок). Правда, из-за ограниченности запасов делящегося изотопа урана-235 в природном уране (его содержание в природном уране составляет 0,7%, остальные 99,3% составляет неделящийся уран-238) нельзя было ожидать, что АЭС, в составе которых будут только реакторы на тепловых нейтронах, смогут в течение многих десятков лет удовлетворять спрос всех активных экономических агентов на энергию.

Однако в 1960-е – 1970-е гг. были изобретены и разработаны АЭС с реакторами на быстрых нейтронах (в СССР ядерный реактор с быстрым реактором-размножителем БН-350 был введен в эксплуатацию в 1973 г., а с БН-800 – в 2022 г.). В них изотопы урана-238 трансформируются в делящиеся изотопы плутония, благодаря чему запасы первичной энергии,

[3] В первой половине 1960-х гг. (благодаря эффекту экономии от масштаба) АЭС с энергоблоками мощностью 400–1000 МВт стали рентабельными производителями электроэнергии (по крайней мере, при работе в базовой части графика электрической нагрузки).

АЭС Каттеном, Франция

Источник: bangkokbook.ru

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(197) / 2024

Как только напряженность на энергетическом рынке приобрела реальные очертания, очевидным стал факт, что атомная энергетика – единственный существующий масштабный энергетический резерв

содержащейся в природном уране, могут увеличиться в десятки раз.

Многие разработчики быстрых реакторов ожидали, что в проектах АЭС с быстрыми реакторами-размножителями, как и в АЭС с реакторами на тепловых нейтронах, тоже удастся значительно снизить удельные издержки производства электроэнергии. В соответствии с этими ожиданиями большинство аналитиков, проектирующих развитие энергоснабжения, прогнозировали, что двухкомпонентные системы, состоящие из АЭС с реакторами на тепловых и быстрых нейтронах, вытеснят в долгосрочной перспективе тепловые электростанции (ТЭС) на органическом топливе не только из базовой, но и из полупиковой зон графиков электрической нагрузки, так что «никакой "энергетический тупик" нам не угрожает» (Александров, 1981, с. 4).

Уверенность в способности с помощью АЭС с тепловыми и быстрыми реакторами предотвратить наступление «энергетического голода» у многих аналитиков в 1960-х – 1970-х гг. была столь велика, что в качестве главной задачи объявлялось «создание такой структуры ядерной энергетики, которая будет обеспечена топливом на неограниченное время» (Александров, 1981, с. 4).

Такой структурой должна была бы стать композиция АЭС с реакторами на тепловых и быстрых нейтронах. Для определения параметров функционирования двухкомпонентной системы, с помощью которой может быть решена задача топливоснабжения системы АЭС, утилизирующей уран-238 для производства электроэнергии, стали разрабатывать экономико-математические модели (Чернавский, 1980; Чернавский, 2023, с. 56–147, с. 214–229). Расчеты показали, что использование двухкомпонентной структуры АЭС продлевает «жизнь» энергетического сектора на несколько десятков лет. Для того, чтобы продлить энергоснабжение человечества на сотни лет, структура ядерной энергетики, как основная система, снабжающая человечество энергией, должна быть дополнена электростанциями с термоядерными реакторами. По мнению А. П. Александрова (Александров, 1981, с. 4–5), такое дополнение приведет к тому, что ядерная энергетика, дополненная АЭС с термоядерными реакторами, «сможет обеспечить энергией все виды энергопотребления на неограниченное время». Однако удастся ли людям до наступления «энергетического голода» освоить производство энергии с помощью термоядерных установок – вопрос, на который сейчас нет уверенного ответа.

В этих обстоятельствах целесообразно рассмотреть развитие атомной промышленности в качестве направления, смягчающего угрозы наступления в отдаленной перспективе «энергетического голода».

О проблемах смягчения угрозы «энергетического голода»

Возможность того, что человечеству придется когда-то в будущем решать проблему «энергетического голода», стала приниматься во внимание сравнительно недавно. Ведь на протяжении тысячелетий на Земле жило относительно небольшое количество людей, и масштаб потребления людьми энергии из природных источников был незначительным. Манипулируя природными веществами, они стали изобретать, создавать и совершенствовать искусственные (созданные не природой, а человеком) вещества, конструкции и системы. С их помощью жизнь на Земле становилась в целом разнообразней, комфортней и более продолжительной.

Изобретение и практическое освоение новых технических устройств в сфере энергоснабжения позволяли увеличивать объемы энергопотребления и вносить новые «краски» в палитры как природных веществ, так и видов энергии, используемых человеком для получения необходимой ему энергии.

Основной формой изменения палитры источников первичной энергии был не энергопереход (с полной заменой устаревшего или иссякшего источника энергии новым источником), а добавление в энергетический баланс новых видов энергоресурсов.

Со временем палитры источников первичной и вторичной энергии и спецификации их потребителей расширялись. Так, в конце XIX века были изобретены виды энергии, которых не было в природе, освоено производство их носителей и технических устройств, где происходила их утилизация (водяной пар и паровая машина, электроэнергия и электростанции, двигатели внутреннего сгорания и моторные топлива. Некоторые из этих изобретений совершенно изменили дизайн искусственных систем, созданных людьми. С изобретением и освоением новых видов вторичной энергии выросла сложность искусственного мира. Особую роль в ускорении изменений и модернизаций сыграли электроэнергия и химические вещества, получаемые из нефтепродуктов и природного газа. Резко повысился уровень комфорта жизни людей.

Сегодня в перечне источников первичной энергии в энергетическом балансе достаточно крупной страны входят несколько видов органического топлива (различные виды угля, нефть, природный газ, гидроэнергия, природный уран), большое количество энергоносителей вторичной энергии (угольные брикеты, нефтепродукты, в числе которых автобензин, керосин, котельно-печное топливо и пр., электроэнергия, горячая вода для систем горячего водоснабжения и отопления и др.). При этом при переработке энергоресурсов в энергию появляются новые направления использования сырья.

Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ), сепарируя нефть на компоненты, являются не только энергоснабжающими экономическими агентами – производителями котельно-печного топлива для выработки тепла и электроэнергии, а также моторного топлива (бензина, керосина, дизельного топлива и др.) для транспорта. Они еще производят продукцию для предприятий химической, металлургической, военной, деревообрабатывающей промышленности, для домашних хозяйств, сельского хозяйства и пр.

Предприятия, перерабатывающие нефтяной попутный газ (НПГ), не только снабжают электростанции сухим отбензиненным газом (близким по составу к природному газу), но и производят обширный ассортимент товаров для предприятий химической промышленности.

В ядерной энергетике начинает широко использоваться производство изотопов для медицины, химии, производства новых материалов и др. целей, что расширяет возможный арсенал продукции АЭС.

Так что среди потребителей, например, углеводородов есть множество эко-

Смоленская АЭС
Источник: Управление информации и общественных связей Смоленской АЭС

Нововоронежская АЭС
Источник: piemuseum.ru

номических агентов, покупающих газ и нефтепродукты для неэнергетической утилизации и конкурирующих с предприятиями, использующими эти природные энергоресурсы для производства энергии. Если такие «неэнергетические» покупатели природных ресурсов окажутся успешными и широкомасштабными участниками рынков, перспектива «энергетического голода» может оказаться гораздо более близкой во времени, чем прогнозируется сегодня. Можно ожидать, что при таком развитии событий укрепится стремление человечества развивать ядерную энергетику как инструмент, смягчающего угрозу «энергетического голода» (особенно при снижении ценности производства ею делящихся материалов, направляемых на изготовление вооружения).

Вместе с тем в конце XX века произошло значительное ускорение численности живущих на Земле людей (таблица 1).

Так, для того чтобы число живущих на Земле людей достигло 1 млрд, человечеству понадобились многие тысячелетия (это произошло в 1804 г.), для прироста населения мира еще на 1 млрд – 123 года, с 2 до 3 млрд – уже 33 года, а с 7 до 8 млрд, согласно данным, приведенным в таблице 1, – только 11 лет.

В 1960-х гг. появился еще один фактор, который в перспективе (правда, довольно отдаленной) мог бы стать одной из причин ускоренного истощения традиционных природных источников энергии. Этот фактор – интенсивная деколонизация в Африке и Азии. Колонии трансформировались в независимые государства (так, в 1960 г. в Африке появилось 17 новых государств!). Довольно скоро в них стали формироваться запросы на установление примерно таких же стандартов качества жизни, которые были достигнуты в развитых странах.

Припять и Чернобыльская АЭС
Источник: fotokon / depositphotos.com

Отвечая на эти запросы, во многих новых странах (а также и в уже существовавших развивающихся странах) стали разрабатывать стратегии «догоняющего развития». Их реализация была сопряжена с необходимостью расширения экономического пространства для роста искусственного мира. Это приближает перспективу истощения природных источников энергии во всем мире.

У стран, закупавших нефть на мировом рынке, после 1973 г. появились экономические ограничения импорта энергетических ресурсов – ОПЕК многократно повысил цену нефти, после чего импорт энергоресурсов стал для многих стран весьма обременительным.

ОПЕК с его политикой завышения цен нефти на мировом рынке (по сравнению с предельными издержками нефтеснабжения) стал парадоксальным союзником расширения пространства, где стали строить АЭС (Чернавский, 2023, с. 38–55). Инициированные ОПЕК мировые энергетические кризисы просигналили всем потребителям органического топлива в мире, что «эпоха дешевой энергии» закончилась (Стырикович, 1980, с. 11). В результате увеличилась привлекательность АЭС как производителей электроэнергии в базовой части графика электрической нагрузки, а ядерной энергетики как инструмента, смягчающего угрозу появления дефицита первичной энергии во многих странах.

Казалось, в странах, где в электроэнергетическом балансе был дефицит запасов собственных источников первичной энергии, доминирование АЭС уже в 1970-х гг. должно было стать реальностью. Однако этого не произошло. В некоторых странах программы строительства АЭС были приостановлены, а в ряде стран – отменены. Почему? Наиболее популярный ответ – мир был шокирован и напуган тремя катастрофическими авариями на АЭС США (1979 г.), СССР (1986 г.) и Японии (2011 г.). Шок проявлялся в том, что после каждой из этих аварий происходило торможение ранее принятых программ строительства АЭС и потеря части общественного благосостояния. Проекты развития ядерной энергетики как «денежные машины» становились неэффективными, и внимание инвесторов переключалось со строительства АЭС на другие направления смягчения угроз человечеству и, в первую очередь, на использование НВИЭ. В целом, казалось, можно было говорить о провале ожиданий широкомасштабного использования ядерной энергетики как инструмента смягчения в будущем «энергетического голода». Хотя по крайней мере, после аварии 1979 г. для такого заключения не было достаточных оснований.

Действительно, во время первой из упомянутых аварий на АЭС Three Mile Island в США расплавилось около 50% активной зоны, но выхода радиоактивности за пределы АЭС не произошло. Это дало основание некоторым специалистам считать, что атомная энергетика полностью подтвердила свою безопасность для населения и отлично справилась с задачей «не допустить выхода радиоактивности за пределы ядерного реактора или технологических помещений станции» (Сидоренко, 1988, с. 28).

Чтобы понять, почему, несмотря на этот сильный аргумент в пользу продолжения развития ядерной энергетики, произошел откат доверия инвесторов, регуляторов и населения к ней, надо вспомнить, что еще до сооружения первой АЭС (в 1954 г., в Обнинске) в Хиросиме и Нагасаки, а также многочисленными испытаниями атомных и водородных бомб было наглядно продемонстрировано, что ядерные реакции могут быть протекать в виде взрыва сокрушительной силы (что и было целью Манхеттенского проекта). После этого у многих людей не мог не возникнуть вопрос: не могут ли управляемые цепные ядерные реакции в реакторе АЭС выйти

Разрушенный IV энергоблок Чернобыльской АЭС
Источник: Валерий Зуфаров, Владимир Репик / ТАСС

из-под контроля персонала и привести к расплавлению активной зоны и взрыву реактора?

Специалисты по ядерным реакторам в ответ на эти сомнения твердо отрицали возможность выхода из-под человеческого контроля ядерных реакций в ядерном реакторе. Их уверенность опиралась на доказанное наличие отрицательной обратной связи между температурой ядерного топлива и интенсивностью ядерной реакции. Поэтому ядерный реактор позиционировался как «внутренне безопасное» техническое устройство, в котором повышение температуры топлива снижает энерговыделение ядерной реакции, предотвращая не только взрыв реактора, но и расплав-

Таблица 1. Ускорение прироста населения Земли на 1 млрд чел.

Источник: рассчитано автором по данным ООН. URL: https://www.un.org/ru/global-issues/population

Длительность отрезка времени, в течение которого население Земли увеличилось на 1 млрд чел., лет	Население Земли в начале отрезка времени, млрд чел.	Годы, в течение которых население Земли увеличилось на 1 млрд чел.
123	1	1804–1927
33	2	1927–1960
14	3	1960–1974
13	4	1974–1987
12	5	1987–1999
12	6	1999–2011
11	7	2011–2022

ление активной зоны. Согласно этим представлениям, процессы, приводящие к разрушению активной зоны реактора, просто физически не могут возникнуть.

Это стало основанием для исключения из списка аварийных событий чрезвычайных ситуаций, в которых активная зона расплавляется. Такие физически невероятные события получили названия «запроектных» аварий. Поскольку «запроектные» аварии в реальной жизни считались физически невозможными, их, естественно, не учитывали при оценке безопасности работы реальных АЭС (Чернавский, 2023).

То, что ядерные реакции, несмотря на их физическую невозможность, осу-

Ремонт реактора
Источник: carposting.ru

ществились на АЭС Three Mile Island (TMI) с расплавлением активной зоны, а на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) – со взрывом реактора, стало свидетельством того, что построенные человеком искусственные объекты (АЭС) оказались сложнее, чем полагали их создатели. Кроме того, выяснилось, что человек в созданной системе – это ее активный элемент, действия которого, во-первых, трудно предсказуемы, а во-вторых, могут оказаться драйверами катастрофических «запроектных» аварий.

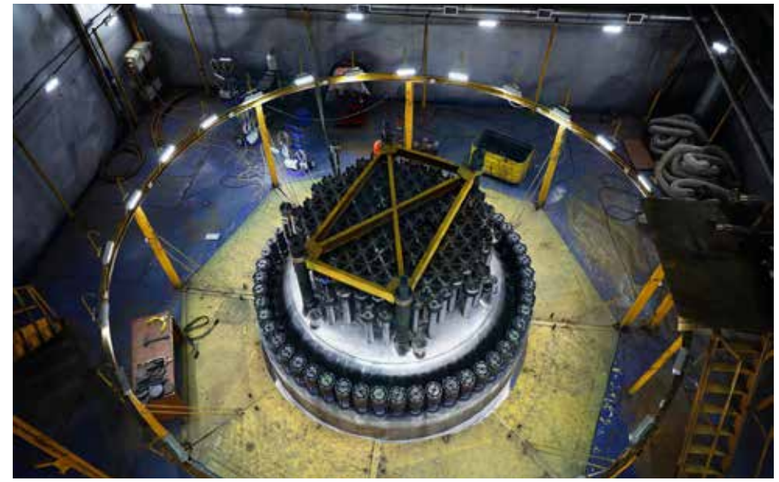
Авария на АЭС Фукусима показала, что причиной «запроектной» аварии может стать не только недостаточная изученность созданного человеком объекта и непредсказуемость активности людей, действующих в созданном объекте (как на АЭС TMI и ЧАЭС), но и природные феномены большой разрушительной силы, которые при проектировании АЭС не рассматривались как возможные.

Таким образом, из-за непредсказуемой активности всех людей, действующих в ядерной энергетике, неполноты знания всех процессов, которые могут возникнуть в АЭС, и неопределенности природных феноменов, которые могут повлиять на атомные станции, составить при проектировании полный список возможных «запроектных» аварий вряд ли возможно. Как в этих обстоятельствах можно расценить ядерную энергетику как инструмент, смягчающий возможное «энергетическое голодание»?

Прежде всего, надо изменить сам подход к оценке этого инструмента. Если по тем или иным причинам в искусственной системе «запроектные» аварии с расплавлением активной зоны возможны, то следует стремиться не к созданию недостижимой «безопасной» системы, а к конструированию «приемлемой» системы (Чернавский, 1988, с. 3–25).

Именно этот критерий (приемлемость), видимо, используется на практике. Ведь после каждой из трех аварий на АЭС многим казалось, что «запроектная» авария делает использование ядерного топлива для производства электроэнергии неприемлемым. В большинстве стран «запроектная» авария не только тормозила и останавливала строительство АЭС, но и разрушала доверие инвесторов к атомной промышленности. Однако через какое-то время в ряде стран, прежде всего, в тех, где уже накоплен опыт работы АЭС, снова «оживал» интерес к ядерной энергетике.

Так, через 20 лет после аварии на ЧАЭС, авторы исследования (Велихов, Гагаринский, Субботин, Цибульский, 2006, с. 88) указывали, что даже такие осторожные в оценках организации, как МАГАТЭ и МЭА ОЭСР, говорили о «ядерном ренессансе», который должен наступить в 2006–2007 гг. Авторы указанного исследования пришли к выводу, что «пока острого дефицита энергоресурсов не ощущалось, можно было искать дополнительные ресурсы в области возобновляемых источников, повышения энергоэффективности и других «полумер», представляя это общественности в качестве пути решения проблемы



Атомный реактор
Источник: carposting.ru

[дефицита традиционных природных источников первичной энергии – С. Чернавский]. Но как только напряженность на энергетическом рынке приобрела реальные очертания, очевидным стал факт, что атомная энергетика – единственный существующий масштабный энергетический резерв» (там же, с. 89). Однако уже через 5 лет после того, как был сформулирован этот тезис, авария на АЭС Фукусима остановила объявленный и ожидавшийся ренессанс. Проходит еще 10 лет, и вот уже снова говорят о грядущем ядерном ренессансе, как направлении, способном смягчить и угрозу грядущего «энергетического голода», и угрозу потепления климата. При этом не говорится о том, что двухкомпонентная система исходит невозможности «запроектной» аварии с расплавлением активной зоны ядерных реакторов. Говоря о ядерном ренессансе, предпочитают в качестве аргумента использовать новый прогноз МАГАТЭ, согласно которому суммарная мощность АЭС в мире вырастет с сегодняшних 393 ГВт до 873 ГВт в 2050 г. (Анохин, 1922).

Ну что ж, если не произойдет очередная «запроектная» авария, то перспектива нового, на этот раз реального, ренессанса ядерной энергетики может воплотиться в жизнь. В этом случае с ростом мощности системы АЭС ядерная энергетика сыграет обе роли, значимые для развития человечества: как инструмент, который может смягчить «энергетический голод», и как инструмент, снижающий антропогенные выбросы в атмосферу парниковых газов.

После каждой «запроектной» аварии разрабатываются и реализуются меры, цель которых – избежать неконтролируемого операторами ядерных устройств развития цепных реакций, ведущих к расплавлению активной зоны реакторов. При этом, конечно, значительно возрастают издержки производства электроэнергии. Их рост может создать ситуацию, в которой издержки строительства и работы АЭС окажутся выше, чем у конкурентов – электростанции на органическом топливе или на НВИЭ. В таком случае, ядерный ренессанс может не состояться.

Кроме того, сохраняются угрозы формирования «запроектной» аварии, причиной которой могут оказаться:

- недостаточное знание людьми всех особенностей протекания управляемых цепных ядерных реакций деления в созданных человеком ядерных реакторах (примеры: аварии на АЭС TMI и ЧАЭС);
- появление ранее не наблюдавшихся в месте расположения ядерных технических устройств природных разрушительных феноменов, не рассмотренных в проектах (пример: авария на АЭС Фукусима);
- не предусмотренное проектными документами поведение людей, работающих на АЭС (примеры: аварии на АЭС TMI и ЧАЭС).

Полностью исключить «запроектные» аварии из перечня возможных событий пока нельзя. Так же пока невозможно составить спецификацию перечня «запроектных» аварий.

Однако сегодня, через 18 лет после приведенных оценок, число стран, для которых атомные электростанции стали приемлемой технологией производства электроэнергии, практически не увеличилось

Естественно, возникает вопрос: приемлем ли для смягчения «энергетического голода» и потепления климата инструмент, при работе с которым могут возникнуть «запроектные» аварии? Ответ, конечно, должен быть дан страной, в которой реализуется программа развития ядерной энергетики. История реагирования стран на состоявшиеся в мире три «запроектные» аварии показала, что примерно для 32 стран, в которых продолжается эксплуатация (а в некоторых – и строительство) АЭС, претворение угроз «запроектных» аварий в реальную действительность не сгенерировали неопровержимых аргументов, «закрывающих» развитие АЭС. То есть, по крайней мере, в 32 странах АЭС считаются приемлемым инструментом, от использования которого ожидают:

- смягчения угрозы «энергетического голода»;
- снижения уровня энергозависимости от других стран и их объединений;
- смягчения угрозы потепления климата.

Нельзя исключать и того, что приемлемость системы ядерной энергетики может быть обусловлена стремлением страны (или только частью ее менеджмента) иметь в своем распоряжении ядерное вооружение. Это стремление может быть мотивировано, например, желанием обеспечить безопасность своей страны в атмосфере вооруженных межстрановых конфликтов, которые наблюдаются в мире после второй мировой войны и с которыми не могут справиться международные организации, созданные для предотвращения таких конфликтов.

АЭС Шоо, Франция
Источник: bangkokbook.ru

Если для ряда стран ядерная энергетика – приемлемый инструмент для реализации своих целей, все-таки большинство государств – членов ООН к этому инструменту пока не прибегают. Разумеется, их отношение может измениться, когда ядерная энергетика окажется единственной реальной возможностью решения насущных проблем, в том числе, и проблемы смягчения «энергетического голода», на что указывали авторы (Велихов, Гагаринский, Субботин, Цибульский, 2006, с. 89).

Однако те же авторы отмечают, что три «запроектные» аварии на АЭС вызвали кризис доверия общества к ядерной энергетике, который не удастся преодолеть на протяжении примерно двух поколений, то есть примерно в течение 50 лет <…>. Средний россиянин еще долго будет бояться практически безопасной для него радиации, чем действительно угрожающих здоровью во многих регионах отравленных воды и воздуха» (там же, с. 117–118). В то же время, по мнению авторов, «многие факты <…> демонстрируют очевидную тенденцию к расширению «сектора доверия» к ядерным технологиям» (там же, с. 119).

Эти интерпретации реальных фактов были сделаны в 2006 г. Однако сегодня, через 18 лет после приведенных оценок число стран, для которых АЭС стали приемлемой технологией производства электроэнергии, практически не увеличилось. Видимо, «стойкий иррациональный страх людей перед радиацией» (там же, с. 118) все-таки оказался сильнее аргументов рационального подхода при оценивании приемлемости ядерной энергетики.

Причиной такого торможения в использовании АЭС как инструмента, смягчающего реальные угрозы человечеству, является парадоксальность наличия рациональных аргументов в «иррациональном страхе» перед широкомасштабным развитием энергетики. Каковы эти рациональные аргументы?

Во-первых, отсутствие полного перечня «запроектных» аварий, а также полного перечня причин, которыми эти аварии могут быть инициированы.

Во-вторых, наличие в системе ядерной энергетики людей (действия которых могут быть инициировать «запроектную» аварию), активность которых, вообще говоря, непредсказуема.

В-третьих, необоснованность применения теории вероятностей для оценки вероятности очень редких событий, по которым нет надежных статистических данных.

В-четвертых, невозможность получения оценки вреда, который может быть причинен «запроектной» аварией (это следствие предыдущего пункта).

В-пятых, поскольку при производстве электроэнергии ядерная энергия производит не только электроэнергию, но и делящиеся материалы, пригодные для изготовления вооружений с огромной разрушительной силой, широкомасштабное распространение АЭС повышает риск использования этих вооружений в непрекращающихся на Земле межстрановых конфликтах. Возникает новая глобальная угроза человечеству, эндогенная по своему происхождению, – повышение риска возникновения широкомасштабных войн, разрушающих тот искусственный мир, который был создан человеком для относительно комфортной жизни на Земле.

Таким образом, развитие ЯЭ может оказаться инструментом как смягчения, так и обострения угроз человечеству, и это – серьезный вызов всему аналитическому сообществу.

Использованные источники

1. *Александров А. П. Атомная энергетика и научно-технический прогресс. – М.: Наука, 1978.*
2. *Александров А. П. Предисловие редактора / Бабаев Н. С., Демин В. Ф., Ильин Л. А., Книжников В. А., Кузьмин И. И., Легасов В. А., Сивинцев Ю. В. (1981). ЯЭ, человек и окружающая среда. – Под ред. А. П. Александрова. – М.: Энергоиздат, 1981.*
3. *Анохин К. Ядерный ренессанс в глобальном энергетическом тренде // Коммерсант, 27 декабря 2022.*
4. *Асмолов В. Г., Гагаринский А. Ю., Сидоренко В. А., Чернилин Ю. Ф. Атомная энергетика. Оценки прошлого, реалии настоящего, ожидания будущего. – М.: ИздАТ, 2004.*
5. *Бабаев Н. С., Демин В. Ф., Ильин Л. А., Книжников В. А., Кузьмин И. И., Легасов В. А., Сивинцев Ю. В. ЯЭ, человек и окружающая среда. – Подред. А. П. Александрова. – М.: Энергоиздат, 1981.*
6. *Велихов Е. П., Гагаринский А. Ю., Субботин С. А., Цибульский В. Ф. Россия в мировой энергетике XXI века. – М.: ИздАТ, 2006.*
7. *Корякин Ю. И. Окрестности ядерной энергетики России: новые вызовы. – М.: Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н. А. Доллежаля (ГУП НИКИЭТ), 2002.*
8. *Макаров А. А., Вигдорчик А. Г. Топливно-энергетический комплекс. – М.: Наука, 1979.*
9. *Мелентьев Л. А. Очерки истории отечественной энергетики (развитие научно-технической мысли). – М.: Наука, 1987.*
10. *Мировая энергетика: прогноз развития до 2020 г. / Под ред. Ю. Н. Старшинова. – М.: Энергия, 1980.*
11. *Сидоренко В. А. Безопасность и стратегия развития ядерной энергетики / В сб.: ЯЭ: перспективы развития, проблемы прогнозирования. – Под ред. М. А. Стыриковича. – М.: Международный центр научной и технической информации, Рабочая консультативная группа при Президенте АН СССР для разработки новых вопросов дальних перспектив развития энергетики. 1988. С. 26–34.*
12. *Стырикович М. А. Предисловие к русскому изданию / Мировая энергетика: прогноз развития для 2020 г. – Пер. с англ. под ред. Ю. Н. Старшинова. – М.: Энергия, 1979.*
13. *Чернавский С. Я. Системное прогнозирование ядерной энергетики. – М.: Наука, 1980.*
14. *Чернавский С. Я. ЯЭ: перспективы развития, проблемы прогнозирования / ЯЭ: перспективы развития, проблемы прогнозирования. – Под ред. М. А. Стыриковича. – М.: Международный центр научной и технической информации; Рабочая консультативная группа при Президенте АН СССР для разработки новых вопросов дальних перспектив развития энергетики. 1988.*
15. *Чернавский С. Я. Роль малого бизнеса в контексте использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии // Экономическая наука современной России. № 4, 2022. С. 103–125. DOI 10.33293/1609–1442–2022–4(99)-103–125.*
16. *Чернавский С. Я. Системное прогнозирование (на примере ядерной энергетики). – Изд. второе, доп. – М.: ЛЕНАНД, 2023.*
17. *Чернавский С. Я. Драйверы и тормозы развития ядерной энергетики // Энергетическая политика. № 1(179), 2023. С. 38–55. DOI 10.46920/2409–5516_2023_1179_38.*
18. *Курчатов И. В., Александров А. П. ЯЭ. Основные проблемы и перспективы развития. Экспертная оценка 1975 г. / Отв. ред. А. Ю. Гагаринский. – М.: НИЦ «Курчатовский институт», 2013.*
19. *Энергетический комплекс СССР / Под ред. Л. А. Мелентьева и А. А. Макарова. – М.: Экономика, 1983.*

УДК 620.9 DOI 10.46920/2409-5516_2024_6197_32 EDN: AIGEZL

Рано хоронить нефть

It’s too early to bury oil

Елена ТЕЛЕГИНА
Член-корреспондент РАН, д. э. н., профессор, декан факультета международного энергетического бизнеса, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина
E-mail: las@gubkin.ru

Валерий БЕССЕЛЬ
Доцент, профессор кафедры термодинамики и тепловых двигателей РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, к. т. н., исполнительный вице-президент ООО «НьюТек Сервисез»
E-mail: vbessel@nt-serv.com

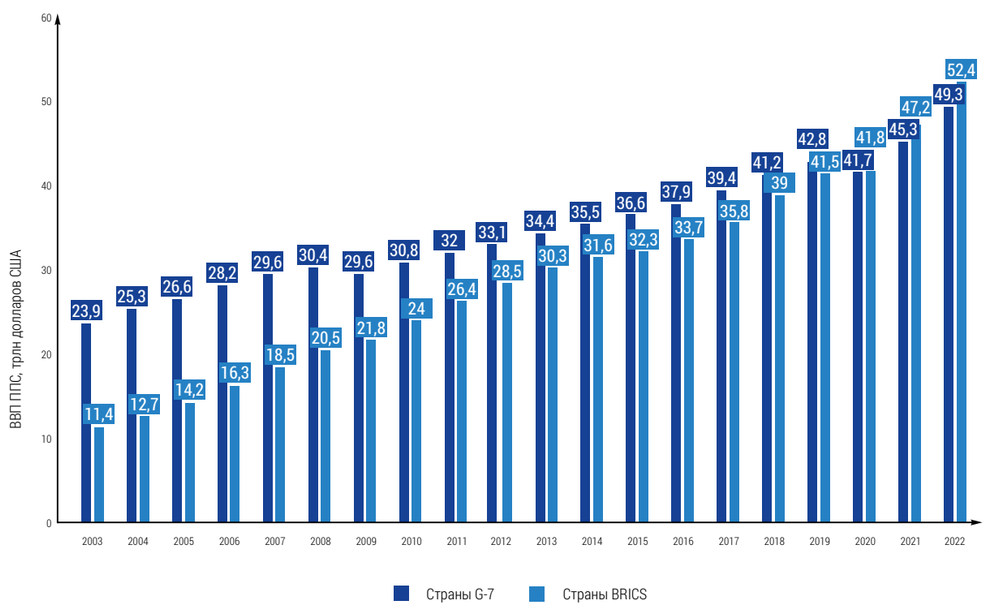
Elena TELEGINA
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Dean of the Faculty of International Energy Business, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NRU)
E-mail: meb@gubkin.ru

Valery BESSEL
Associate Professor, Professor of the Department of Thermodynamics and Heat Engines of Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NRU), Ph.D., Executive Vice President of NewTek Services LLC
E-mail: vbessel@nt-serv.com

Аннотация. Последнее время широкую медийную популярность приобретают дискуссии о скором окончании «эры нефти» и замены как нефти, так и других видов органического топлива новыми экологически чистыми источниками возобновляемой энергии. В это очень хотелось бы верить, однако на практике дела обстоят совсем не так. В статье представлены мысли авторов, основанные на анализе ретроспективных статистических данных за последние 20 лет об энергопотреблении и потреблении нефти в мире, странах групп G-7 и BRICS. Также сделан анализ динамики «энергоемкости» и «нефтеемкости» глобальной экономики и экономик стран групп G-7 и BRICS. На основании проведенного анализа сделан вывод, что мнение о скором завершении «эры нефти» преждевременно и не соответствует реалиям.
Ключевые слова: энергопотребление, потребление нефти, ВВП по ППС, «энергоемкость» экономики, «нефтеемкость» экономики, доля нефти в балансе энергопотребления.

Abstract. Recently, discussions about the imminent end of the «era of oil» and the replacement of both oil and other types of fossile fuels with new environmentally friendly sources of renewable energy have become widely popular in the media, which I would really like to believe, but in fact, in practice, things are not like that at all. The article presents the authors’ thoughts based on the analysis of retrospective statistical data over the past 20 years on energy consumption and oil consumption in the world, the countries of the G-7 and BRICS groups. The dynamics of energy intensity and «oil intensity» of the global economy and the economies of the G-7 and BRICS countries are also analyzed. Based on the analysis, it was concluded that the opinion about the imminent end of the «oil era» is premature and does not correspond to reality.
Keywords: energy consumption, oil consumption, GDP by PPP, «energy intensity» of the economy, «oil intensity» of the economy, the share of oil in the balance of energy consumption.

Рис. 1. Динамика изменения ВВП ППС (трлн долл. США) в странах G-7 и BRICS в период 2003–2022 гг.



> **Слухи о быстрой кончине «эры нефти» сильно преувеличены – нефть еще многие десятилетия будет доминирующим видом топлива на мировом рынке**

Анализ потребления энергии в мире за последние 20 лет (в период с 2003 по 2022 гг.) показывает, что оно постоянно растет, за исключением 2020 г., когда ограничения из-за эпидемии COVID-19 привели к существеному ее снижению [1], что показано в таблице 1, где отдельно выделены также страны групп G-7 и BRICS.

Как сдедует из таблицы, общее энергопотребление группы стран G-7 и BRICS составляет примерно 67% от глобального потребления энергии, что позволяет считать тенденции развития ТЭК этих стран как определяющие тренды развития глобального энергорынка.

Потребление энергии в мире выросло на 42,3%, причем если в странах BRICS оно подскочило на 118,2% (более, чем в 2 раза), то в группе стран G-7 оно снизилось на 6,7%. Необходимо отметить, что потребление энергии странами Северной Америки, входящими в группу G-7, выросло в США – на 1%, а в Канаде – на 5,9%. Потребление энергии странами Европы и в Японии снизилось на 15–26%. Это явилось следствием тенденций экономического развития данных стран [2], а также климатическими условиями Канады – одной из самых больших северных стран в мире.

В анализируемый период наблюдался рост глобальной экономики, а также экономик стран входящих в группу G-7 и BRICS [3], что отражено в таблице 2.

Потребление энергии, млрд т н.э.	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Изменение потребления энергии 2022 vs 2003
США	2,268	2,313	2,314	2,296	2,327	2,270	2,159	2,231	2,212	2,154	2,212	2,235	2,214	2,212	2,220	2,301	2,285	2,115	2,231	2,291	0,99%
Япония	0,531	0,537	0,539	0,537	0,532	0,522	0,476	0,508	0,481	0,477	0,474	0,462	0,455	0,450	0,455	0,453	0,442	0,410	0,429	0,426	-19,68%
Канада	0,319	0,324	0,326	0,324	0,337	0,333	0,320	0,323	0,335	0,336	0,344	0,345	0,347	0,342	0,347	0,350	0,348	0,327	0,330	0,338	5,86%
Германия	0,345	0,345	0,341	0,349	0,335	0,338	0,317	0,331	0,319	0,323	0,333	0,319	0,325	0,330	0,335	0,326	0,318	0,296	0,305	0,294	-14,82%
Франция	0,270	0,273	0,271	0,269	0,264	0,265	0,250	0,258	0,248	0,248	0,250	0,240	0,241	0,237	0,235	0,240	0,234	0,211	0,225	0,200	-25,92%
Великобритания	0,230	0,231	0,233	0,230	0,224	0,220	0,209	0,213	0,201	0,205	0,204	0,193	0,196	0,194	0,194	0,193	0,189	0,170	0,172	0,175	-23,88%
Италия	0,185	0,189	0,189	0,188	0,185	0,182	0,170	0,175	0,172	0,167	0,160	0,152	0,156	0,157	0,158	0,159	0,156	0,142	0,151	0,147	-20,61%
Страны G-7	4,148	4,211	4,213	4,194	4,203	4,130	3,901	4,039	3,968	3,910	3,976	3,945	3,934	3,921	3,944	4,023	3,973	3,672	3,843	3,870	-6,69%
КНР	1,360	1,591	1,808	1,982	2,154	2,237	2,335	2,498	2,694	2,805	2,911	2,986	3,021	3,033	3,151	3,303	3,457	3,570	3,772	3,807	179,90%
Индия	0,344	0,374	0,396	0,417	0,453	0,479	0,515	0,537	0,566	0,597	0,617	0,658	0,681	0,712	0,739	0,781	0,801	0,758	0,824	0,870	152,83%
Россия	0,640	0,646	0,645	0,674	0,677	0,681	0,647	0,672	0,695	0,699	0,691	0,693	0,682	0,696	0,700	0,726	0,720	0,694	0,752	0,690	7,75%
Бразилия	0,206	0,216	0,222	0,228	0,242	0,253	0,251	0,274	0,283	0,292	0,299	0,306	0,302	0,295	0,298	0,299	0,304	0,292	0,307	0,320	55,55%
ЮАР	0,108	0,118	0,112	0,114	0,117	0,126	0,125	0,126	0,124	0,122	0,123	0,124	0,122	0,127	0,127	0,122	0,127	0,119	0,119	0,115	6,42%
Страны BRICS	2,659	2,945	3,182	3,414	3,643	3,775	3,873	4,107	4,363	4,515	4,640	4,768	4,808	4,863	5,015	5,231	5,409	5,433	5,775	5,803	118,24%
G-7 & BRICS	6,807	7,157	7,395	7,608	7,846	7,905	7,774	8,146	8,331	8,425	8,616	8,713	8,742	8,785	8,959	9,253	9,382	9,105	9,618	9,673	42,12%
Мир	10,137	10,640	10,989	11,300	11,646	11,783	11,593	12,152	12,432	12,610	12,831	12,966	13,074	13,232	13,509	13,878	14,030	13,530	14,269	14,427	42,33%

Таблица 1. Динамика потребления энергии (млрд т н. э.) в мире, странах G-7 и BRICS в 2003–2022 гг.

ВВП ППС, трлн долл. США	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
США	11,46	12,22	13,04	13,82	14,47	14,77	14,48	15,05	15,60	16,25	16,84	17,55	18,21	18,70	19,48	20,53	21,38	21,06	23,32	25,44
Япония	3,75	3,94	4,11	4,30	4,48	4,52	4,30	4,53	4,63	4,80	5,02	5,03	5,20	5,16	5,26	5,34	5,35	5,26	5,38	5,70
Германия	2,47	2,59	2,62	2,81	2,99	3,10	3,02	3,19	3,42	3,49	3,63	3,81	3,89	4,17	4,39	4,58	4,77	4,69	4,91	5,32
Франция	1,75	1,82	1,93	2,07	2,18	2,26	2,24	2,33	2,45	2,47	2,61	2,66	2,72	2,86	2,98	3,13	3,40	3,26	3,48	3,76
Великобритания	1,81	1,92	1,98	2,11	2,18	2,27	2,18	2,29	2,35	2,44	2,56	2,67	2,77	2,89	3,04	3,13	3,29	3,07	3,38	3,68
Италия	1,67	1,70	1,75	1,89	2	2,09	2,04	2,08	2,17	2,17	2,19	2,20	2,24	2,42	2,52	2,60	2,74	2,56	2,81	3,11
Канада	1,02	1,08	1,17	1,24	1,30	1,34	1,31	1,36	1,43	1,47	1,55	1,62	1,59	1,68	1,77	1,85	1,87	1,79	2,03	2,27
КНР	5,07	5,74	6,59	7,66	8,99	10,04	11,06	12,38	13,84	15,12	16,19	17,12	17,80	18,71	19,89	21,74	23,45	24,28	27,52	30,34
Индия	2,75	3,05	3,39	3,78	4,18	4,39	4,76	5,23	5,62	6,15	6,48	6,78	7,16	7,74	8,28	9,02	9,54	9,10	10,37	11,90
Россия	1,34	1,47	1,70	2,13	2,38	2,88	2,77	2,93	3,26	3,48	3,74	3,76	3,53	3,54	3,81	4,23	4,41	4,40	4,97	5,33
Бразилия	1,77	1,92	2,05	2,19	2,39	2,56	2,57	2,80	2,97	3	3,13	3,19	3,01	2,94	3,02	3,15	3,24	3,18	3,48	3,84
ЮАР	0,44	0,48	0,52	0,56	0,61	0,64	0,63	0,66	0,70	0,70	0,73	0,74	0,76	0,77	0,79	0,82	0,84	0,80	0,87	0,95
Мир	57,2	61,8	66,6	72,9	79	83,6	84,3	89,8	95,8	100,7	105,6	109,5	111,9	116,4	122,6	130,2	136,6	134,7	148,5	164,5

Таблица 2. Динамика изменения ВВП ППС (трлн долл. США) в мире, странах G-7 и BRICS в 2003–2022 гг.

Совокупная экономика стран групп G-7 и BRICS составляет примерно 62% от глобальной мировой экономики, что также позволяет рассматривать эти страны как определяющие глобальные экономические тренды.

За рассматриваемый период глобальная экономика выросла в 2,88 раза, экономика стран группы G-7 – в 2,06 раза, а экономика стран группы BRICS – в 4,6 раза. Между тем, начиная с 2020 г., совокупная экономика стран группы BRICS сравнялась по объему с совокупной экономикой стран группы G-7, а в 2022 г. она уже превосходила последнюю в 1,06 раза, что показано на рис. 1.

Данные таблиц 1 и 2 позволили проанализировать динамику показателя удельного энергопотребления («энергоемкости» экономики) (кг н. э./ 1000 долларов США ВВП ППС) как мира, так и групп стран G-7 и BRICS [1,3] за период 2003–2022 гг., что показано на рис. 2.

За анализируемый период удельное энергопотребление («энергоемкость» экономики) снизилось более, чем в 2 раза, его уровень в 2022 году составил около 0,49, в группе стран G-7–0,45, в группе стран BRICS – 0,47 от уровня «энергоемкости» экономики в 2003 г., что является безусловно хорошим трендом современного этапа экономического развития [4].

Тем не менее, в странах группы BRICS этот показатель выше в 1,35–1,4 раза, чем в странах группы G-7, поскольку все они находятся в фазе индустриального развития, когда рост экономики, основанной на реальном промышленном производстве, связан с ростом потребления энергии [2].

Для того, чтобы ответить на вопрос, сформулированный в начале статьи, необходимо рассмотреть динамику потребления нефти в мире. Нефть с ее долей в мировом энергобалансе в 2022 г. около 30,5% уже много десятилетий остается лидером в глобальном балансе энергопотребления [1]. Данные потребления нефти в мире в странах группы G-7 и BRICS за последние 20 лет [1] сведены в таблицу 3.

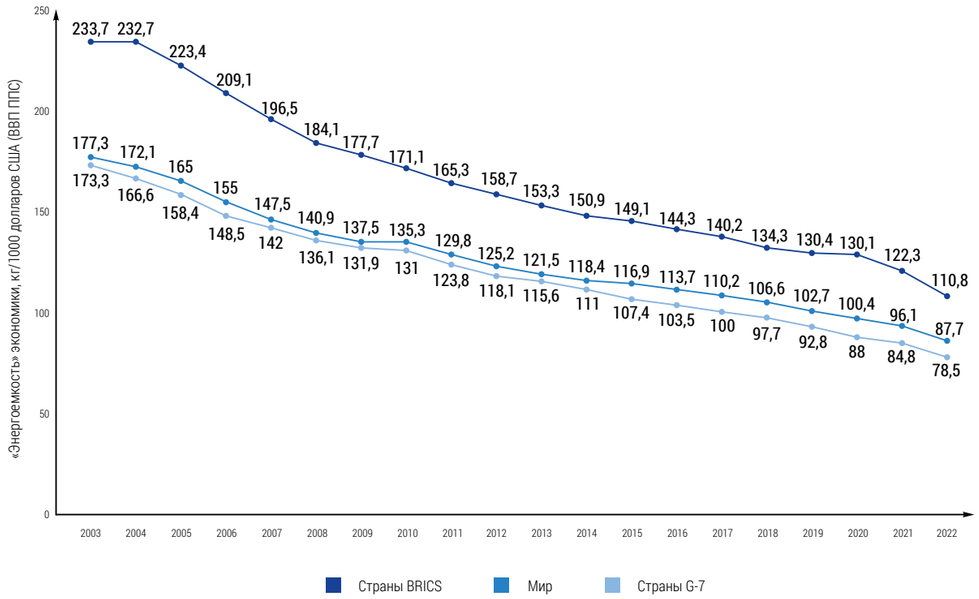


Рис. 2. Динамика изменения удельного энергопотребления («энергоемкости» экономики) (кг н. э./1000 долл. США ВВП ППС) в мире, странах G-7 и странах BRICS в 2003–2022 гг.

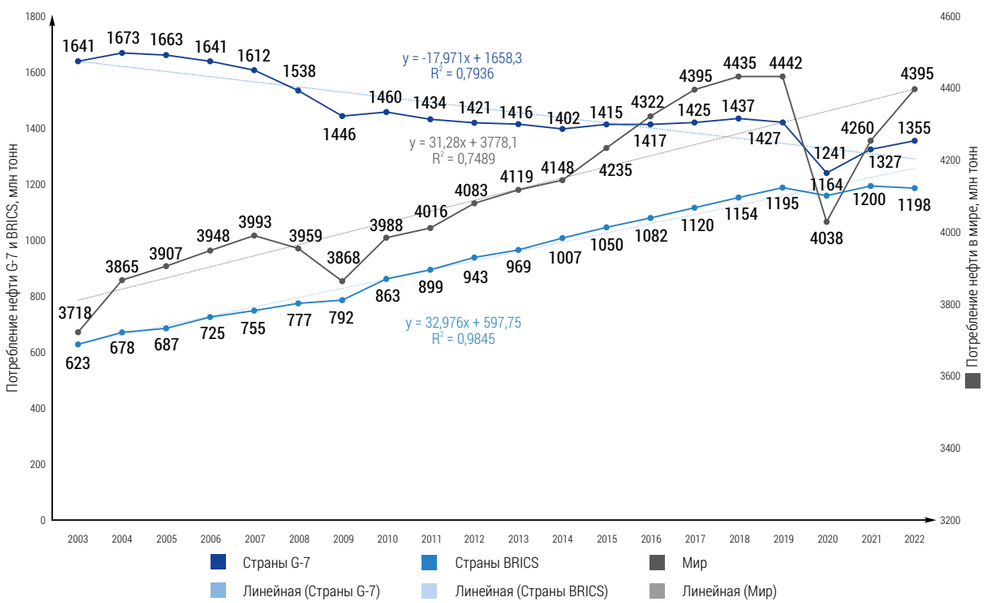


Рис. 3. Динамика потребления нефти (млн т) в мире, странах G-7 и BRICS в 2003–2022 гг.

Из таблицы 3 следует, что глобальное снижение потребления нефти случилось только в 2020 г., когда практически во всех странах мира были введены жесточайшие ограничения по передвижению людей из-за эпидемии COVID-19. За анализируемый период рост потребления нефти в мире составил 18,2%, с 3,7 млрд т в 2003 г. до 4,4 млрд т в 2022 г. Страны группы BRICS нарастили потребление примерно на 92,2%, тогда как в странах группы G-7 наблюдается снижение потребления нефти более чем на 17,4%.

Все страны группы BRICS увеличили потребление нефти, макимальный прирост наблюдался у стран с наиболее быстро растущими экономиками – КНР (141%) и Индии (111%).

Все страны группы G-7 снизили потребление нефти, однако темпы снижения существенно разнятся. У таких стран, как США и Канада, обладающих существенными геологическими запасами нефти [1], темпы сокращения незначительны, а в европейских странах и в Японии, у которых практически нет запасов нефти [1], они составляют от 21,9% (Великобритания) до 41,5% (Япония). Динамика потребления нефти в период 2003–2022 гг. [1] приведена на рис. 3.

Проведенная с достаточно высокой степенью достоверности аппроксимация статистических данных о спросе на нефть как в мире в целом, так и в странах группы BRICS, четко показывает тенденцию роста [1]. Если в 2003 г. совокупное потребление

Таблица 3. Динамика потребления нефти (млн т) в мире, странах G-7 и BRICS в 2003–2022 гг.

Потребление нефти, млн т	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Изменение потребления нефти 2022 vs 2003
Канада	102,5	107,4	104,4	105,2	108	104,1	101,7	105,7	105,8	107,3	106,6	106,1	106,2	105,6	104,7	108	107,8	91,6	94,8	98,2	-4,28%
США	891,5	925,2	926,8	914,6	908,5	847,9	801,4	813,3	796,3	777,7	789,8	794,9	811,5	817	824,6	843,7	842,4	739,3	807,7	822,7	-7,72%
Япония	259,5	252,7	248,5	239,5	232,3	224,1	199,9	201,9	202,3	216,6	206,7	196,2	188	182,3	179,5	173,7	168,3	149,2	151,6	151,8	-41,49%
Франция	92,7	93,6	92,4	92,2	89,8	88,1	84,6	81,6	79,9	77	75,9	73,4	73,3	72,9	73,2	73	72,3	61,5	67	66,9	-27,90%
Германия	124,3	122,9	120,4	120,3	108,8	115,6	110,6	112	108,4	107,7	110	106,9	106,7	109	111,3	106	106,6	96,5	95,4	97,3	-21,77%
Италия	92,5	90,5	87,7	87,6	84,7	79,8	73,8	71,7	69,7	64,9	59,1	56	59,5	58,8	59,4	60,8	59,1	48,9	54,5	57,2	-38,16%
Великобритания	78,3	80,6	82,9	82	79,6	78,2	74,5	73,3	71,8	69,9	68	68	69,8	71,8	72,8	71,8	70,4	54,2	56,3	61,2	-21,80%
Россия	126,5	124,7	125	131,1	130,2	134,1	128,7	133,4	143,2	148,2	147,5	155,3	149,7	152,4	151,7	153,4	156,5	149,4	157,4	161,5	27,67%
ЮАР	23,9	24,8	24,8	25,2	25,7	24,4	23,9	24,9	25,2	25,9	26,3	25,9	28,6	27,4	27,4	27,3	27	22,1	23,9	24,4	2,27%
КНР	273	318,8	323,6	346,6	363,2	370,9	385,9	440,8	455,5	477,3	498,2	518,1	557	574,4	605,7	634,9	666,9	675,7	691,6	659,2	141,45%
Индия	112	118,4	120,9	127,9	136,7	143,5	151,4	154	161,4	172	173,8	179,1	193,9	214,3	220,7	229	236,6	214,1	216,7	236,9	111,54%
Бразилия	87,8	90,8	92,5	94,6	99,5	103,7	102,6	109,7	113,4	119,8	123,2	128,1	120,2	113,5	114,5	109	108,4	102,6	110,7	116	32,03%
Мир	3717,8	3865,2	3906,5	3947,5	3992,7	3958,5	3867,7	3988,5	4015,7	4083,2	4119,4	4147,8	4234,6	4322	4394,8	4435,5	4441,5	4037,9	4259,5	4394,9	18,21%

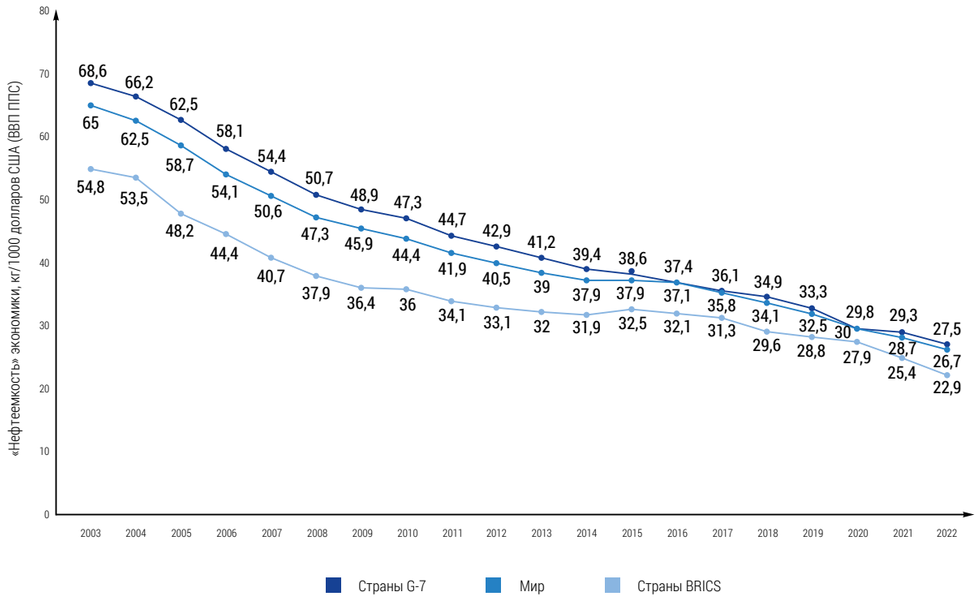


Рис. 4. Динамика изменения удельного потребления нефти («нефтеемкость» экономики) (кг н. э./1000 долл. США ВВП ППС) в мире, странах G-7 и странах BRICS в 2003–2022 гг.

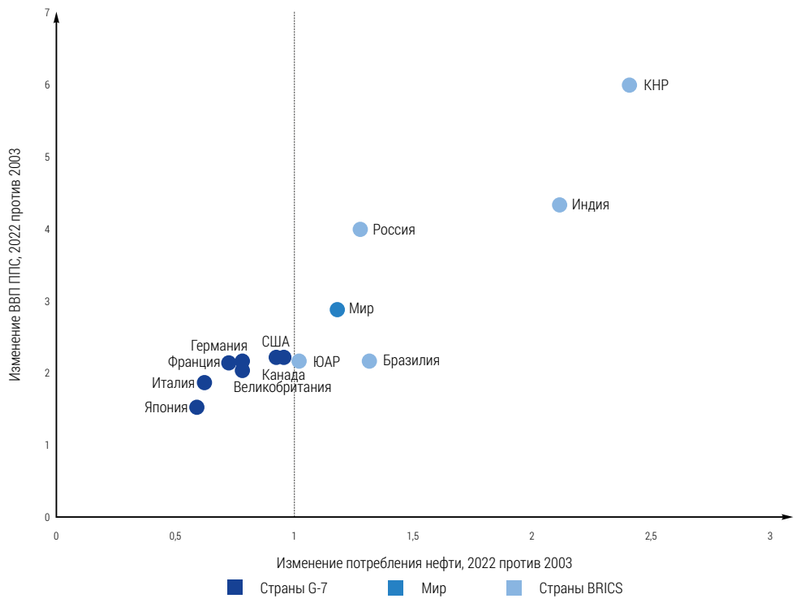


Рис. 5. Кратность изменения ВВП ППС от кратности изменения потребления нефти в мире, странах G-7 и странах BRICS за последние 20 лет в 2003–2022 гг.

нефти странами группы G-7 превышало уровень потребления стран группы BRICS, то в 2022 году показатели потребления практически сравнялись (1355, млн т против 1197,9 млн т) [1].

В этой связи необходимо проанализировать динамику удельного потребления нефти («нефтеемкость» экономики) на 1000 долларов ВВП по ППС как в мире в целом, так и в странах группы G-7 и BRICS, которая приведена на диаграмме на рис. 4.

Очень важным для определения перспектив использования нефти в долгосрочной перспективе является построение на основании достоверных статистических данных [1,3] зависимости темпов роста экономики от изменения потребления нефти как в мире в целом, так и по группам стран, на которые в настоящее время практически разделен мир. На рис. 5 показана диаграмма зависимости кратности (во сколько раз) роста ВВП по ППС от кратности изменения потребления нефти за последние 20 лет.

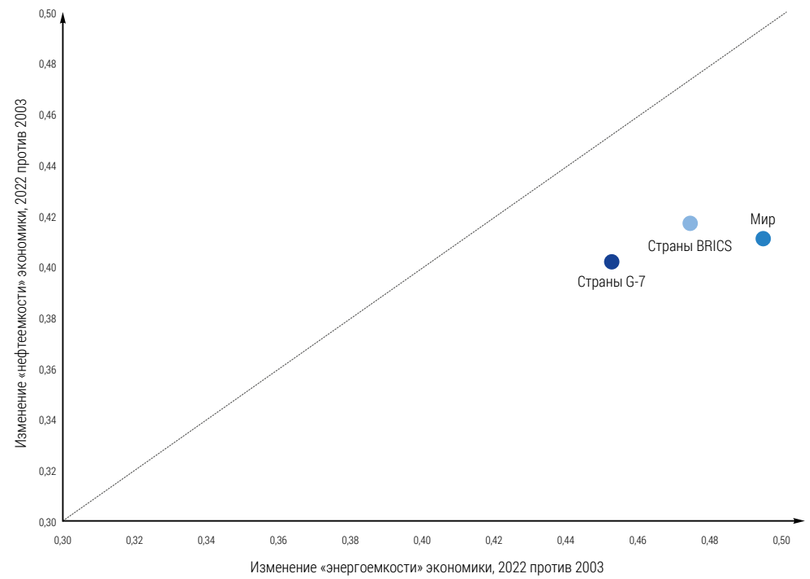


Рис. 6. Кратность изменения «нефтеемкости» экономики от кратности изменения «энергоемкости» экономики в мире, странах G-7 и странах BRICS за последние 20 лет в 2003–2022 гг.

Уровень «нефтеемкости» также, как и «энергоемкости» экономики устойчиво снижается. В странах группы G-7 в 2022 г. он составил 0,4 от уровня 2003 г., группы BRICS 0,42, а в мире в целом 0,41.

Как следует из диаграммы, в отличие от показателей «энергоемкости» экономики, «нефтеемкость» экономик стран группы G-7 выше в 1,2–1,25 раза, чем в странах группы BRICS. Это является следствием необходимости использования для энергообеспечения быстро растущих экономик стран группы BRICS прежде всего угля (КНР, Индия, ЮАР), природного газа (Россия) [5], гидроэнергетики (Бразилия).

Диаграмма наглядно отображает сложившиеся реалии современного этапа развития мировой экономики и энергетики – в мире в целом и во всех странах группы BRICS. В быстрорастущих экономиках Китая и Индии потребление нефти растет, в странах G-7 оно снижается.

Однако в силу того, что совокупный ВВП по ППС группы стран BRICS в настоящий момент превосходит совокупный ВВП по ППС группы стран G-7 [3], при общей тенденции роста объемов потребления нефти [1], темпы изменения «нефтеемкости» экономики мира и стран групп G-7 и BRICS в среднесрочной перспективе, скорее

всего, будут ниже, чем темпы снижения «энергоемкости» экономики, что и показано на диаграмме на рис. 6, где приведены показатели кратности снижения «нефтеемкости» и «энергоемкости» экономик.

Так как границы осей на графике указаны в одинаковом масштабе – 0,3–0,5, то диагональ, указанная на графике, является линией равных темпов изменения «энергоемкости» и «нефтеемкости» экономики. Очевидное смещение маркеров от этой линии свидетельствует о более быстрых темпах снижения «нефтемкости», чем «энергоемкости». За последние 20 лет уровень снижения «энергоемкости» стран группы G-7 составил 0,45 при уровне снижения «нефтеемкости» 0,4; у стран группы BRICS эти показатели составляют 0,47 и 0,42 соответственно, а в мире в целом 0,49 и 0,41 соответственно.

Таким образом, за последние 20 лет темпы снижения «нефтеемкости» экономики превышали темпы снижения «энергоемкости» экономики, что является весьма знаковым трендом для мировой энергетики. Эксперты отдают себе отчет, что запасы технологически доступной нефти ограничены [1], поэтому занимаются поисками новых источников топлива и энергии [6].

Тем не менее, доля нефти в глобальном балансе энергопотребления постепенно снижается [1], что показано на рис. 7.

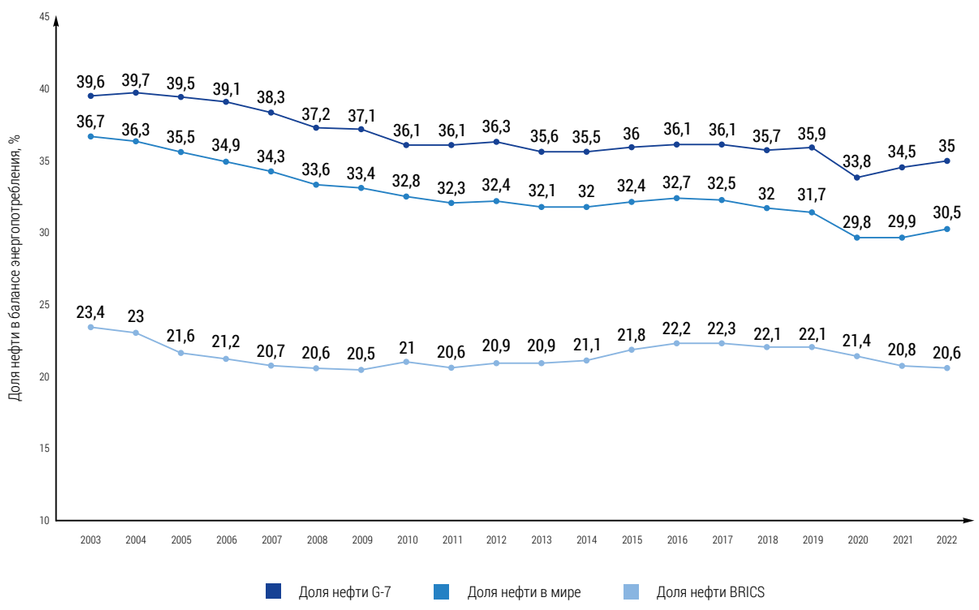
Самая высокая доля нефти в балансе энергопотребления у стран группы G-7, что является следствием опережающего развития этих стран в период XIX–XX вв., в момент изобретения и повсеместного массового развития машин, работающих на двигателе внутреннего сгорания.

За последние 20 лет доля нефти в балансе энергопотребления в мире снизилась на 16,9%, в балансе энергопотребления стран группы G-7 снизилась на 11,5%, в балансе энергопотребления стран BRICS снизилась на 11,9%. Прежде всего это связано с постоянным снижением ее потребления в централизованной генерации электроэнергии. В основном нефть используется как сырье для получения горюче-смазочных материалов (ГСМ) и продуктов нефтехимии [7].

Заключение

1. Слухи о быстрой кончине «эры нефти» сильно преувеличены – нефть еще достаточно долго будет доминирующим видом топлива в балансе глобального энергопотребления.

Рис. 7. Динамика доли нефти (%) в балансе энергопотребления мира, стран группы G-7 и стран группы BRICS в 2003–2022 гг.



2. Это связано с тем, что мы пока не смогли найти глобальный, сопоставимый по масштабам с объемами применения нефти источник энергии, как и созданную за последние 150 лет колоссальную инфраструктуру, ориентированную на потребление нефти как источника топлива и энергии. Основная масса машин, используемых на планете Земля, (по оценкам экспертов – около 1,5–2 млрд) работают на двигателях внутреннего сгорания, требующих в качестве топлива продукты переработки нефти. Быстро поменять такое количество машин на авто с новыми типами двигателей, в том числе электрическими, просто не реально.
3. Тем не менее, в мире наметился устойчивый тренд снижения доли нефти в балансе глобального энергопотребления, прежде всего, за счет постепенного отказа от использования мазута и других нефтепродуктов в системах централизованной генерации электроэнергии.
4. Несмотря на многочисленные научно обоснованные доказательства того, что нефть является восполняемым ресурсом, оценки интенсивности восполнения ее запасов по сравнению с интенсивностью добычи показывают, что на практике нефть относится к невозобновляемым ресурсам. Серьезно рассчитывать на восполнение промышленно значимых запасов нефти не приходится.
5. Технологические ограничения по извлечению нефти и постоянно растущая себестоимость ее добычи все больше убеждают нас использовать нефть не как источник энергии (за исключением топлива для ДВС), а как сырье для получения продуктов глубокой нефтепереработки и нефтехимии, в том числе для производства столь необходимых композитных материалов.
6. Необходимо продолжать интенсивно заниматься поисками нового глобального источника энергии, на роль которого в настоящий момент претендует, в том числе, управляемый термоядерный синтез. При этом нефть будет оставаться крайне востребованным сырьем, без которого будущее человечества пока не просматривается.

Нефть Западной Сибири
Источник: dneprovec.by

Использованные источники

1. *Energy Institute Statistical Review of World Energy, 2023. – URL: https://www.energyinst.org/statistical-review.*
2. *Мингалеева Р. Д., Бессель В. В. Устойчивое развитие крупнейших экономик мира требует все больше энергии// Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2022. № 3 (207). С. 57–63.*
3. *The World Bank open data. GDP, PPP (Current International, $). – URL: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD (Last Updated Date 28.03.2024).*
4. *Мингалеева Р. Д. Растущее потребление энергии как фактор трансформации глобальной экономики на современном этапе// Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2022. № 4 (208). С. 64–71.*
5. *Kutcherov V. G., Bessel V. V., Lopatin A. S. The paradigm shift in the global energy market: domination of natural gas|// 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference Sgem 2017. Conference proceedings. 2017. С. 813–820.*
6. *Телегина Е. А. и др. Постуглеводородная экономика: вопросы перехода // Монография. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, 2017. – 407 с.*
7. *Мартынов В. Г. и др. Природный газ – основа устойчивого развития мировой энергетики// Монография. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, 2021. – 173 с.*

УДК 622.691.4 (571) DOI 10.46920/2409-5516_2024_6197_42 EDN: DONIIC

Особенности и проблемы пространственного развития восточной газотранспортной системы России

Features and problems of spatial development of the Eastern gas transportation system of Russia

Борис САНЕЕВ
Руководитель научного направления «Комплексные проблемы энергетики и региональная энергетическая политика», заведующий отделом, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН, профессор, д. т. н.
E-mail: saneev@isem.irk.ru

Георгий ЛАЧКОВ
Старший научный сотрудник, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, к. т. н.
E-mail: g.lachkov@isem.irk.ru

Boris SANEEV
Head of the "Complex Energy Problems and Regional Energy Policy" Research Area, Head of the Department, Melentiev Energy Systems Institute SB RAS, Doctor of Engineering Science, Professor
E-mail: saneev@isem.irk.ru

Georgiy LACHKOV
Senior Researcher, Melentiev Energy Systems Institute SB RAS, Ph.D.
E-mail: g.lachkov@isem.irk.ru

Проект подводных добычных комплексов на Киринском месторождении *Источник: vsegda-pomnim.com*

Аннотация. В статье рассмотрены особенности пространственного развития газотранспортной системы в восточных регионах страны на фоне разворота энергетической политики России на Восток, отмечены отдельные региональные проблемы ее формирования в современных политико-экономических условиях. Наряду с централизованной системой газоснабжения рассмотрены вопросы газоснабжения потребителей ряда удаленных территорий на востоке страны. Оценены потенциальные возможности, масштабы и направления трубопроводного экспорта российского природного газа в Китай в обозримой перспективе.
Ключевые слова: месторождение, природный газ, сжиженный природный газ, газоснабжение, магистральный газопровод, газотранспортная система, пространственное развитие.

Abstract. Against the backdrop of Russia's turn to the East in its energy policy, this paper examines the features of the spatial development of the gas transportation system in the eastern regions of the country. It also highlights certain regional problems of the system formation in the current political and economic context. Along with the centralized gas supply system, the issues of gas supply to some of the remote areas in the east of the country are considered. The potential possibilities, scale, and directions for Russia's pipeline natural gas exports to China in the foreseeable future are assessed.
Keywords: field, natural gas, liquefied natural gas, gas supply, main gas pipeline, gas transportation system, spatial development.

По данным китайской таможни, в 2022 г. из России было импортировано сетевого газа в объеме 6,4 млрд долл., а в 2023 г. – 10,35 млрд долл.

Масштабное развитие газотранспортной системы в восточных регионах России было предложено в Восточной газовой программе РФ 2007 г. [1]. В Программе отмечалось, что благодаря значительным запасам газа в Сахалинской и Иркутской областях, Республике Саха (Якутия), Красноярском крае и перспективной потребности в природном газе на востоке России и в странах Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), сложились благоприятные предпосылки для начала формирования в восточных регионах новых центров газовой промышленности и расширения Единой системы газоснабжения (ЕСГ) на восток.

Программой предусматривалось формирование новых центров газодобычи:

1) Сахалинского – на базе месторождений шельфовой зоны острова Сахалин для газоснабжения потребителей Сахалинской области, Хабаровского и Приморского краев, Еврейской автономной области и экспортных поставок трубопроводного и сжиженного природного газа (СПГ) в страны АТР;
2) Якутского – на базе Чаяндинского месторождения для газификации южных районов Республики Саха (Якутия), Амурской области, а также для организации экспортных поставок трубопроводного газа в страны АТР;
3) Иркутского – на базе месторождений Иркутской области для удовлетворения существующей потребности в газе потребителей индустриального пояса Иркутской области, Забайкальского края и Республики Бурятия и, при необходимости, для поставок газа в ЕСГ;
4) Красноярского – на базе месторождений Красноярского края

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(197) / 2024

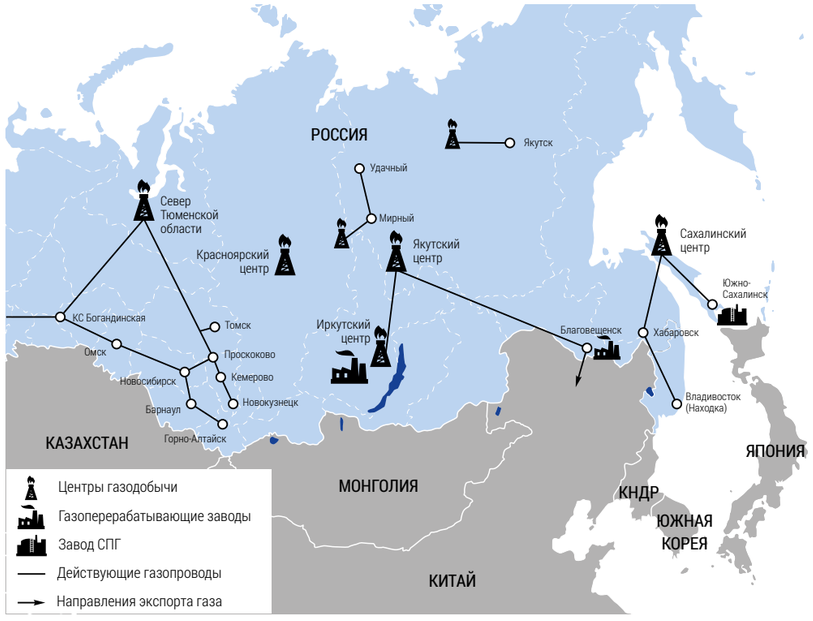


Рис. 1. Существующее состояние газотранспортной системы восточных регионов России

Источник: основа рисунка заимствована из [1]

для удовлетворения существующей потребности в газе потребителей Красноярского края и, при необходимости, для поставок газа в ЕСГ.

Однако под влиянием внутренних и внешних экономических и политических факторов последних десятилетий намеченные в Восточной газовой программе планы, в том числе в части формирования газотранспортной системы в восточных регионах России, были реализованы не в полной мере, не в тех масштабах и не по тем направлениям.

В настоящее время в рамках Восточной газовой программы введены в эксплуатацию следующие объекты добычи, переработки и транспорта природного газа (рис. 1).

***В Сахалинском центре газодобычи*:**

- два нефтегазоконденсатных месторождения (НГКМ), Пильтун-Астохское и Лунское, проекта «Сахалин-2»: извлекаемые запасы – 500 млрд м^3, годовая добыча –17 млрд м^3 [2];
- завод по производству сжиженного природного газа проекта «Сахалин-2» мощностью 9,6 млн т/год [3];
- транссахалинский магистральный газопровод, соединяющий месторождения проекта «Сахалин-2» на севере о. Сахалин с заводом СПГ на юге острова. Протяженность трассы газопровода – 637 км, диаметр – 1220 мм, проектная мощность – 18,6 млрд м^3/год [4];
- Киринское газоконденсатное месторождение (ГКМ) проекта «Сахалин-3»: начальные запасы – 162,5 млрд м^3, проектная мощность– 5,5 млрд м^3/год [5];
- МГ Сахалин – Хабаровск – Владивосток: протяженность трассы газопровода – 1837 км, диаметр – 1220 мм, рабочее давление – 9,8 МПа, проектная мощность первого пускового комплекса – 5,5 млрд м^3/год [6];

***В Якутском центре газодобычи*:**

- Чаяндинское НГКМ: извлекаемые запасы – 1,2 трлн м^3, проектная мощность – 25 млрд млрд м^3/год [7];
- МГ Чаянда – граница с КНР (первый этап МГ «Сила Сибири – 1»): длина трассы газопровода – 2200 км, диаметр – 1420 мм, рабочее давление – 9,8 МПа, экспортная мощность – 38 млрд м^3/год [8];
- Амурский газоперерабатывающий завод (ГПЗ): проектная мощность переработки – 42 млрд м^3/год, годовое производство гелия – 60 млн м^3, этана – 2,4 млн т, пропана – 1 млн т, бутана – 500 тыс. т, пентан-гексановой фракции – 200 тыс. т [9].

***В Иркутском центре газодобычи*:**

- Ковыктинское ГКМ: извлекаемые запасы – 1,8 трлн м^3, проектная мощность – 27 млрд м^3/год [10];
- МГ Ковыкта – Чаянда (второй этап МГ «Сила Сибири – 1»): длина трассы газопровода – 800 км, диаметр – 1420 мм, рабочее давление – 9,8 МПа [8].

Доля российского трубопроводного газа на европейском рынке резко снизилась в связи с ограничениями на экспортных маршрутах в западном направлении.

Весной 2022 г. Украина прекратила транзит газа через газоизмерительную станцию Сохрановка, также был перекрыт польский магистральный газопровод «Ямал – Европа». Осенью 2022 г. был остановлен, а затем поврежден в результате взрывов в Балтийском море МГ «Северный поток-1» вместе с одной из ниток еще не введенного газопровода «Северный поток-2». В результате доля «Газпрома» на европейском рынке в 2022 г. упала до 9% по сравнению с 40% в 2021 г. Экспорт российского газа в дальнее зарубежье (с учетом Китая, Турции и Сербии) снизился со 185 млрд м^3 в 2021 г. до 100 млрд м^3 в 2022 г. с перспективой падения до 50 млрд м^3 [11].

Планы Восточной газовой программы, в том числе в части формирования газотранспортной системы на востоке России, были реализованы не в полной мере, не в тех масштабах и не в тех направлениях

Отказ европейских потребителей от российского трубопроводного газа в связи с военно-политическими событиями последних лет обусловил необходимость переориентации экспортных потоков газа в восточном направлении, главным образом в Китай, с одновременным наращиванием внутреннего потребления

Магистральный газопровод «Сила Сибири»

Источник: «Газпром»

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(197) / 2024

природного газа, в том числе за счет газификации восточных регионов страны.

Это во многом предопределяет направления и масштабы развития газотранспортной системы в восточных регионах страны на перспективу ближайших десятилетий.

В первую очередь это требует доведения в ближайшие годы мощности экспортного магистрального газопровода «Сила Сибири – 1» (Восточный маршрут экспорта газа в Китай) до проектной.

Контракт на поставку 38 млрд м^3/год российского трубопроводного газа в Китай по Восточному маршруту (МГ «Сила Сибири – 1») в течение 30 лет «Газпром» и китайская CNPC подписали в мае 2014 г. Запущен МГ «Сила Сибири – 1» был в декабре 2019 г. С того момента мощность газопровода последовательно наращивается по мере обустройства Чаяндинского НГКМ и Ковыктинского ГКМ, увеличения мощностей газоперекачивающих станций (ГПС) на российской стороне и развития принимающих мощностей в Китае. С декабря 2022 г. МГ «Сила Сибири – 1» работает на всей протяженности – более 3000 км. В 2020 г. по МГ «Сила Сибири – 1» в Китай было экспортировано 4,1 млрд м^3, в 2021 г. – 8,2 млрд м^3, в 2022 г. – 15,4 млрд м^3, в 2023 г. – 22,7 млрд м^3 (в том числе по участку «Ковыкта – Чаянда» – 5,4 млрд м^3), в 2025 г. планируется выйти на проектный объем экспорта – 38 млрд м^3. Сторонами контракта обсуждалась возможность увеличения экспорта газа по МГ «Сила Сибири – 1» до 44 млрд м^3/год и даже до 60 млрд м^3/год [12, 13, 15].

По данным китайской таможни, в 2022 г. из России было импортировано трубопроводного газа в объеме 6,4 млрд долл., а в 2023 г. –10,35 млрд долл. [16]. Таким образом примерная цена импортируемого из России трубопроводного газа в Китай в 2022 г. составила 416 долл./1000 м^3, а в 2023 г. – 455 долл./1000 м^3 или 41 тыс. руб., что в 4–7 раз дороже, чем на внутрироссийском газовом рынке.

Согласно программе, в России сложились благоприятные предпосылки для начала формирования в восточных регионах новых центров газовой промышленности и расширения ЕСГ на восток

Нерюнгринская ГРЭС, Якутия
Источник: nerulife.ru

На внутренний рынок газ по МГ «Сила Сибири – 1» уже подается на Амурский ГПЗ и Свободненскую теплоэлектростанцию (ТЭС), которая снабжает завод тепловой энергией и электричеством. В перспективе по поручению президента РФ природный газ необходимо подать на Нерюнгринскую ГРЭС и Благовещенскю ТЭЦ. В планах «Газпрома» строительство ТЭС Чульман в Якутии. Она обеспечит электроснабжение объектов Восточного полигона российских железных дорог.

В Иркутской области согласно Программе развития газоснабжения и газификации региона на 2021–2025 гг. от МГ «Сила Сибири – 1» газом будут обеспечены два района – Киренский и Казачинско-Ленский, через которые проходит трасса газопровода.

Продолжается развитие мощностей газопровода «Сахалин – Хабаровск – Владивосток». Увеличение его производительности ведется, в частности, с учетом растущего спроса на газ в Приморском и Хабаровском краях.

МГ «Сахалин – Хабаровск – Владивосток» стал первой на востоке России межрегиональной газотранспортной системой, которая предназначена для поставок газа с шельфа острова Сахалин потребителям Хабаровского и Приморского краев. Проектная производительность 1-го пускового комплекса составляет 5,5 млрд м^3/год, он был введен в эксплуатацию в 2011 г. При этом в состав газопровода был включен 472-километровый отвод «Комсомольск-на-Амуре – Хабаровск» диаметром 700 мм, что поставило вопрос о расширении данного участка. В декабре 2021 г. работы по расширению производительности МГ «Сахалин – Хабаровск – Владивосток» на участке от Комсомольска-на-Амуре до Хабаровска были завершены, построен участок от Комсомольска-на-Амуре до Хабаровска протяженностью 391 км (с учетом резервных ниток и подводных переходов).

Расширение мощностей МГ «Сахалин – Хабаровск – Владивосток» и проектирование новых газопроводов-отводов продолжается. В программах развития газоснабжения и газификации Хабаровского и Приморского краев на 2021–2025 гг. предусмотрено создание возможностей транспортировки газа для строящейся Хабаровской ТЭЦ-4 и расширения Владивостокской ТЭЦ-2.

Предполагается, что расширение МГ «Сахалин – Хабаровск – Владивосток» обеспечит возможность прокачки до 20 млрд м^3/год природного газа [13, 14, 17].

Труба для МГ «Сила Сибири»
Источник: gazprom.ru

Дальневосточный маршрут (МГ Сила Сибири – 3) предполагает поставку природного газа в Китай в объеме 10 млрд м^3/год.

Ресурсной базой Дальневосточного маршрута станут шельфовые месторождения проекта «Сахалин-3» (Киринское, Южно-Киринское, Мынгинское) и построенный для поставок природного газа с острова Сахалин в Приморский край МГ «Сахалин – Хабаровск – Владивосток».

В 2022 г. «Газпром» и CNPC подписали долгосрочный (на 25 лет) контракт по Дальневосточному маршруту и заключили техническое соглашение по проекту, где зафиксированы основные технические параметры трансграничного участка газопровода, а также физико-химические параметры газа. В 2023 г. было подписано и ратифицировано российско-китайское межправительственное соглашение о поставках газа в Китай по Дальневосточному маршруту, которое определяет условия сотрудничества по поставкам газа, в т. ч. по трансграничному участку газопровода через р. Уссури (Усулицзян) в районе Дальнереченска (Приморский край) и г. Хулинь (провинция Хэйлунцзян). Выход на проектную мощность газопровода (10 млрд м^3/год) планировался в 2025 г., однако по последним данным ожидается, что поставки газа по этому маршруту будут запущены самое позднее в 2027 г. [17, 18].

После выхода этого проекта на полную мощность объем поставок российского трубопроводного газа в Китай увеличится на 10 млрд м^3/год и в совокупности с МГ «Сила Сибири – 1» достигнет 48 млрд м^3/год.

Однако в реализации этого маршрута наметилась серьезная проблема, связанная с введением санкций в отношении основной его сырьевой базы – Южно-Киринского ГКМ, где из-за глубины моря в 90 м необходимо применение технологии подводной добычи, подобной той, что используется на Киринском ГКМ. Россия пока не обладает такими технологиями. Отдельные компоненты подводного добычного комплекса (ПДК) еще только разрабатываются и перспективы выхода на реальный объект пока не ясны.

Продолжение МГ «Сила Сибири – 1» от Белогорска до Хабаровска имеет своей целью соединение в единую газотранспортную систему газопроводов Восточной Сибири и Дальнего Востока, а также газоснабжение Еврейской автономной области.

Отказ Европы от российского газа во многом предопределяет направления и масштабы развития газотранспортной системы в восточных регионах страны на перспективу ближайших десятилетий

Строительство газопровода от Белогорска в Амурской области через Биробиджан в Еврейской автономной области до Хабаровска предполагалось еще в первоначальном варианте МГ «Сила Сибири – 1», который предусматривал сооружение МГ от Чаянды до Владивостока со строительством там крупного завода СПГ. В дальнейшем, когда была достигнута договоренность о поставках газа в Китай напрямую через Благовещенск, этот газопровод отошел на второй план. Однако в новых условиях, учитывая проблемы со сроками ввода в эксплуатацию Южно-Киринского ГКМ из-за отсутствия отечественных ПДК, сооружение МГ «Белогорск – Хабаровск» длиной 830 км может стать подстраховочным вариантом исполнения обязательств по поставкам газа в Китай по Дальневосточному маршруту.

О планах связать между собой МГ «Сила Сибири – 1» и МГ «Сахалин – Хабаровск – Вдадивосток», а затем включить их в единую систему газоснабжения России (ЕСГ) за счет строительства МГ «Сила Сибири – 2» было объявлено Президентом РФ на Восточном экономическом форуме – 2023 и на Российской энергетической неделе – 2023. Инженерные изыскания по объединению МГ «Сила Сибири – 1» и МГ Сахалин – Хабаровск – Вдадивосток проведены, в 2024 г. начнется его строительство. Завершить строительство газопровода планируется в 2029 г., однако «Газпром» совместно с Минэнерго РФ прорабатывают вопрос ускорения его строительства [17, 19, 20].

МГ «Сила Сибири – 2» (Западный маршрут экспорта газа в Китай) кроме экспортного предназначения должен сыграть роль связующего звена между газотранспортной системой восточных регионов России и Единой системой газоснабжения страны.

Планируемая экспортная мощность Западного маршрута – 50 млрд м^3/год газа. Примерная протяженность – около 6,7 тыс. км, из них 2,7 тыс. км пройдут по территории России. Ресурсной базой МГ «Сила Сибири – 2» выступят месторождения Ямала и Надым-Пур-Тазовского района Ямало-Ненецкого автономного округа [21].

Маршрут МГ «Сила Сибири – 2» практически определен. Газопровод пройдет рядом с городами Ачинск, Красноярск, Канск, Саянск, Ангарск, Иркутск и далее по территории Республики Бурятия (южнее озера Байкал) до выхода к государственной границе России в районе населенного пункта Наушки, откуда начнется продолжение МГ «Сила Сибири – 2» по территории Монголии – МГ «Союз Восток». Проектно-изыскательские работы по проекту строительства МГ «Союз Восток» выполняются в полном соответствии с утвержденными планами и находятся в завершающей стадии. Рассматривается проект строительства газопровода-отвода от населенного пункта Наушки до Улан-Удэ (250 км) и далее до Читы (450 км) общей протяженностью 700 км. ПАО «Газпром» подписал с Республикой Бурятия и Забайкальским краем двухсторонние планы-графики газификации регионов до 2032 г. [17, 22, 23].

Ожидается, что Россия может объединить восточную и западную газотранспортные системы к 2030–2032 гг., причем

Нерюнгринская ГРЭС, Якутия
Источник: «Русгидро»

АО «Саянскхимпласт»

Источник: АО «Саянскхимпласт»

до г. Красноярск инфраструктура будет доведена уже к 2028 г. [24].

Наиболее вероятной перемычкой, которая соединит МГ «Сила Сибири – 1» и «Сила Сибири – 2», представляется МГ «Ковыкта – Саянск» в Иркутской области. С этим газопроводом связаны давние проблемные планы правительства Иркутской области по развитию большой газохимии с увеличением производства полимеров в г. Саянске на базе ГХК АО «Саянскхимпласт». Проблема заключается в том, что для этого нужен этан, содержащий газ Ковыкты, а не метан из МГ «Сила Сибири – 2». Но газ Ковыкты «Газпром» ориентирует, в первую очередь, на закрытие контрактных обязательств с Китаем. На первый взгляд, суммарной добычи газа Ковыкты и Чаянды (52 млрд м^3) должно хватить и для АО «Саянскхимпласт», т. к. на Амурский ГПЗ по плану необходимо подавать всего 42 млрд м^3. Однако определенные объемы газа расходуются на собственные нужды газодобывающих и газотранспортных компаний, на газоснабжение Благовещенской ТЭЦ (около 1 млрд м^3) и Нерюнгринской ГРЭС (около 2 млрд м^3), а большая часть потребуется на поставки в Китай в рамках контракта по Дальневосточному маршруту через МГ «Белогорск – Хабаровск» пока не будет введено Южно-Киринское НГКМ на шельфе острова Сахалин.

Наряду с названными выше газопроводами в период до 2050 г. могут быть сооружены два МГ в Якутии. Так, по данным [25], компания «АЛРОСА-Газ» планирует построить установку комплексной подготовки газа на Среднеботуобинском НГКМ и 200-километровый газопровод для газоснабжения Новоленской ТЭС, которую с августа 2023 г. возводит компания «Интер РАО» в Ленском районе Якутии. Кроме того, компания «ЯТЭК» планирует реализацию проекта Якутский СПГ на базе газа месторождений Средневилюйского и Тымтайдахского участков недр (планируется доведение годовой добычи до 28 млрд м^3). Проект предусматривает строительство МГ протяженностью около 1358 км из Якутии до побережья Охотского моря (участки «Кысыл-Сыр – Амга» и «Амга – Аян») и завода СПГ проектной мощностью до 18 млн т/год в районе поселка Аян в Хабаровском крае [26]. В Красноярском крае по мере освоения Юрубчено-Тохомского и Собинско-Пайгинского месторождений может возникнуть необходимость сооружения МГ

Месторождение	Производительность, млрд м³/год	Газопровод	Экспорт в Китай, млрд м³/год
Чаяндинское НГКМ	25	«Сила Сибири – 1»	38–44
Ковыктинское ГКМ	27–33		
Месторождения ЯНАО	600	«Сила Сибири – 2»	50
Киринское ГКМ	5,5	«Сила Сибири – 3»	10
Южно-Киринское ГКМ	21		

Таблица 1. Потенциальные источники газоснабжения восточных регионов России

для подачи газа с этих месторождений в МГ «Сила Сибири – 2».

В таблице 1 представлены основные потенциальные источники газоснабжения восточных регионов России, а на рис. 2 – перспективные направления пространственного развития газотранспортной системы этих регионов в перспективе до 2050 г.

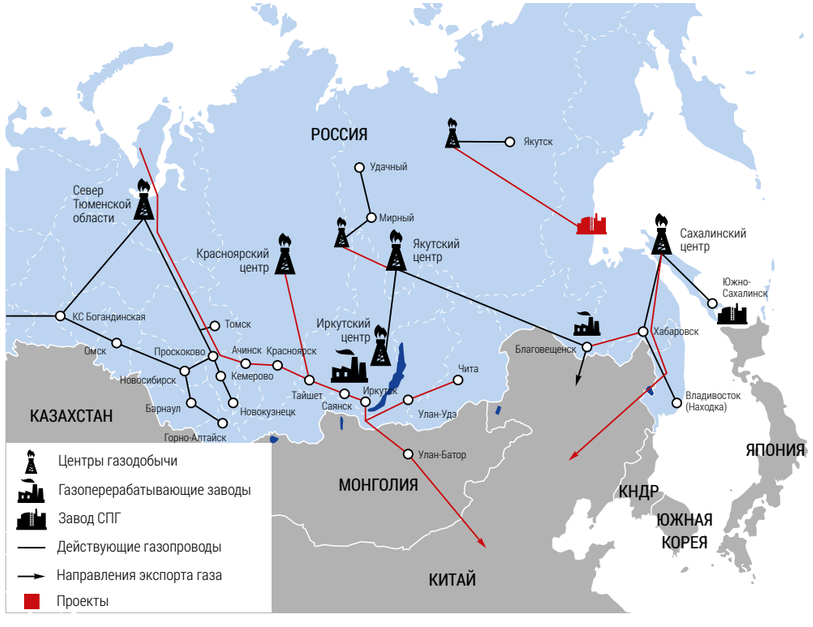
Таким образом, в ближайшие десятилетия в восточных регионах России может быть сформирована достаточно мощная газотранспортная система, способная обеспечить сетевым газом южные территории Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, а три рассмотренных экспортных маршрута – Дальневосточный, Восточный и Западный – позволят увеличить поставки трубопроводного газа в Китай почти до 100 млрд м³/год.

Развитие газотранспортной инфраструктуры в удаленных и труднодоступных территориях восточных регионов России также актуально. Газификация в них совершенно не развита, и одной из причин такого положения является недостаточность газотранспортной инфраструктуры. Исключением являются несколько территорий, обладающих локальными системами газоснабжения на базе местных месторождений газа – Норильский промышленный район, Братский район Иркутской области, Чукотский автономный округ и Камчатский край.

В Норильском промышленном узле сформирована система межпромысловых и магистральных газопроводов АО «Норильсктрансгаз», по которым газ, добываемый АО «Норильск-Газпром» на Пе-

Рис. 2. Перспективные направления пространственного развития газотранспортной системы восточных регионов России

Источник: основа рисунка заимствована из [1]



ляткинском, Северо-Соленинском, Южно-Соленинском ГКМ и Мессояхском газовом месторождении (ГМ), транспортируется до городов Дудинка и Норильск. Газопровод диаметром 720 мм включает в себя участки «Пелятка – Северо-Соленинское – Южно-Соленинское – Мессояха», имеющие по две нитки, расположенные параллельно, и участок «Мессояха – Норильск» трехниточного исполнения. Общая протяженность ниток, входящих в состав МГ, составляет 1202 км. Газопровод пересекает реки Енисей, Норильская, Большая Хета, Малая Хета. Газотранспортная система обладает запасом прочности и эффективно обеспечивает бесперебойную поставку газа даже при пиковых сезонных нагрузках [27].

В перспективе, когда будут исчерпаны газовые запасы эксплуатируемых в настоящее время четырех месторождений, газоснабжение Норильского промышленного района может быть обеспечено морскими поставками СПГ с ямальских СПГ-проектов до Дудинки, а далее, после регазификации – по существующему МГ до Норильска.

Транспортировка природного газа в Чукотском автономном округе от Западно-Озерного ГМ, расположенного в Анадырском районе, по МГ «Западно-Озерное ГМ – г. Анадырь» обеспечивается ООО «Сибнефть-Чукотка». Транспорт природного газа осуществляется по герметизированному газопроводу протяженностью 105 км с наружным диаметром труб 219 мм [28]. В 2018 г. в рамках государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики округа на 2016–2020 годы» началась реализация проекта по частичному переводу Анадырской ТЭЦ на сжигание газа, добываемого на Западно-Озерном месторождении. Для этого был проложен 7-километровый газопровод к территории ТЭЦ, построен газораспределительный пункт [29].

В целях повышения энергетической и экономической эффективности функционирования автомобильного транспорта, развития рынка природного газа как моторного топлива необходимо строительство объектов газозаправочной инфраструктуры. Для развития газомоторного рынка и соответствующего увеличения объемов добычи и сбыта газа требуется существенная модернизация оборудования газового промысла и газотранспортной системы округа [30].

На развитие газотранспортной инфраструктуры региона ориентировано соглашение о взаимодействии между ПАО «НОВАТЭК» и правительством Чукотского автономного округа от 04.09.2019 г. Соглашение предусматривает строительство в Певеке терминала СПГ для бункеровки судов, следующих по Севморпути, замену Чаунской ТЭЦ, работающей на угле, на газовую станцию мощностью 70 МВт. Дополнительно по использованию СПГ запланировано строительство нескольких криогенных заправочных станций СПГ по пути следования автомобилей от месторождения Песчанка в Певек. Использование СПГ в качестве базового энергоносите-

Порт Певек

Источник: danemo / depositphotos.com

ля позволит сократить сроки его доставки в регион. Сейчас при завозе дизельного топлива путь до Чукотки составляет 14 дней из Мурманска и 21 день из Находки. А в случае СПГ доставка будет занимать три дня – из порта Сабетта в Певек. Кроме того, стоимость природного газа при доставке в Чукотский автономный округ будет примерно в два раза ниже, чем стоимость дизельного топлива при лучших эксплуатационных характеристиках.

Россия поддерживает развитие Северного морского пути как круглогодичного навигационного маршрута, соединяющего рынки Азиатско-Тихоокеанского региона и Европы. После выхода Морского перегрузочного комплекса сжиженного при-

Цена импортируемого из России трубопроводного газа в Китае в 2022 г. составила 416 долл./1000 м³, а в 2023 г. – 455 долл./1000 м³, что в 4–7 раз дороже, чем на внутрироссийском рынке РФ

родного газа в Камчатском крае и проекта «Арктик СПГ – 2» на полную мощность, танкеры с СПГ будут проходить вдоль арктического побережья Чукотского автономного округа в течение всего года и практически ежедневно. Использование потенциала СПГ-проектов ПАО «НОВАТЭК» для газоснабжения удаленных северных районов будет способствовать замещению традиционных энергоносителей (уголь и дизельное топливо) на более чистый природный газ, что особенно важно для защиты экосистемы Арктики» [31].

В Камчатском крае для транспортировки природного газа от Кшукского и Нижне-Квакчикского месторождений до потребителей ПАО «Газпром» в 2010 г. построен и введен в эксплуатацию газопровод «Соболево – Петропавловск-Камчатский» протяженностью около 390 км, производительностью до 750 млн м³ газа в год. Газопровод стал основой для развития региональной системы газоснабжения и газификации населенных пунктов. [32, 33]. В соответствии с программой развития газоснабжения и газификации региона на новый пятилетний период – 2021–2025 гг., ПАО «Газпром» построит газопровод-отвод и ГРС «Раздольный», а также межпоселковый газопровод от этой ГРС до п. Раздольный Елизовского района. В результате будут созданы условия для газификации площадки «Зеленовские озерки» территории опережающего социально-экономического развития (ТОР) «Камчатка», а также пгт Раздольный [34].

Однако дальнейшее развитие газотранспортной системы Камчатского края оказалось под вопросом из-за проблем с добычей газа. По данным правительства Камчатского края, «Газпром» ранее заявил о дефиците объемов газа действующих месторождений в Соболевском районе. Если раньше программа газификации предусматривала поставку газа в объеме 750 млн м³, то сейчас предельный уровень добычи снижен почти в 2 раза – до 420 млн м³ в год (а в перспективе упадет до 150 млн м³), что не покрывает потребности уже газифицированных потребителей. Это негативно отразилось на работах по переводу на газ объектов энергетики региона, а также реализацию ряда крупных инвестиционных проектов [35].

Производственный комплекс «Пригородное» проекта «Сахалин-2» *Источник: «Газпром»*

Платформа Лунская А «Сахалина-2» *Источник: «Газпром»*

Проблема ограниченности газификации Камчатского края может быть решена за счет морских поставок сахалинского СПГ с завода «Сахалин-2», либо ямальского СПГ с морского перевалочного терминала «НОВАТЭК» в бухте Бечевинская. Обеспечить растущие потребности Камчатки в энергоносителях за счёт создания инфраструктуры по приёму и переработке сжиженного природного газа – такова главная цель дорожной карты газификации региона до 2025 г. [36].

Согласно дорожной карте, сжиженный газ на Камчатку предполагается поставлять в рамках проекта «Сахалин-2». Для перевода Камчатского края на потребление СПГ необходимо реализовать проекты по созданию причалов и комплекса приёма сжиженного газа в бухте Раковая Авачинской губы. Кроме того, необходимо построить два газовоза-челнока вместимостью 5–10 тыс. т и плавучую регазификационную установку мощностью 650 млн м³ в год (474,5 тыс. т). Проект может обеспечить гибкость газоснабжения по объемам и видам газа (регазифицированный или сжиженный).

Начало газификации Магаданской области также становится возможным с морскими поставками СПГ. Так, ООО «Газпром» гелий сервис» в апреле 2023 г. произвел отгрузку партии сжиженного природного газа из Приморского края в г. Магадан. СПГ был произведен на малотоннажной установке сжижения природного газа (УСПГ) «Газпрома» на гелиевом хабе в Приморском крае. Партия СПГ предназначена

В программах газификации Хабаровского и Приморского краев на 2021–2025 гг. предусмотрены возможности транспортировки газа для строящейся Хабаровской ТЭЦ-4 и расширения Владивостокской ТЭЦ-2

Курильский остров Уруп

Источник: denis_cher.rambler.ru / depositphotos.com

для завода по производству и переработке рыбного жира компанией «Морской волк» в г. Магадан.

Компания «Морской волк» в феврале 2023 г. запустила в тестовом режиме единственный в России завод по переработке и рафинированию рыбного жира с дальнейшим производством капсулированного рыбного жира насыщенного Омега-3. Поскольку производство требует нагрева продукции до 60–70 °С, то его газификация изначально предполагалась за счет СПГ с учетом более высокой экономической эффективности по сравнению с углем и газойлем. Предполагались доставка СПГ в танк-контейнерах и регазификация на комплексе предприятия. В качестве источников поставок рассматривались три варианта, преимущественным из них считался СПГ из Южно-Сахалинска, но в итоге был сделан выбор в пользу «Газпром гелий сервиса».

В текущих условиях сооружение МГ «Белогорск – Хабаровск» длиной 830 км может стать подстраховочным вариантом исполнения обязательств по поставкам газа в Китай по Дальневосточному маршруту

Для преодоления расстояния около 3 тыс. км была организована мультимодальная перевозка разными видами транспорта. Маршрут по морю проходит из порта Владивосток, куда груз доставляется СПГ-тягачами «Газпром гелий сервиса».

Развитие новых устойчивых маршрутов транспортировки СПГ дает ООО «Газпром гелий сервис» широкие возможности для отгрузки и доставки СПГ во все субъекты Дальневосточного федерального округа и позволяет сохранять лидирующие позиции в статусе единого перевозчика опасных грузов «Газпрома» в регионе [37].

Газификация ***Курильских островов*** в соответствии с программой развития газоснабжения и газификации Сахалинской области на 2021–2025 гг. также осуществляется на основе СПГ. Программа, в частности, предусматривает:

- газификацию объектов электроэнергетики и коммунального хозяйства Курильских островов;
- в 2023 г. строительство завода по производству малотоннажного СПГ на Сахалине, который будет работать для обеспечения потребности в газе Курильских островов;
- первый этап строительства в 2023 г. предполагал сооружение двух систем приема, хранения и регазификации СПГ на островах Итуруп и Кунашир;
- в 2025 г. строительство двух систем приема, хранения и регазификации СПГ на островах Шикотан и Парамушир.

Для этой цели планируется создание комплекса по сжижению газа (КСПГ) в районе села Дальнее, СПГ с которого будет доставляться специализированным автотранспортом в порт Корсаков, а далее – морем до Курильских островов. Итуруп, Кунашир и Шикотан в совокупности будут потреблять более 35 тыс. т/год СПГ. Создаваемый комплекс позволит обеспечить население этих островов доступным природным газом. Обеспечение Курил СПГ дает возможность перевести на газ угольные котельные и дизельные электростанции, что позволит повысить надёжность энергоснабжения и улучшить экологическую ситуацию [38, 39].

Анализ показывает, что развитие систем газоснабжения удаленных труднодоступных территорий СФО и ДФО, за исключением ограниченного числа территорий, имеющих собственные месторождения газа и локальные системы газоснабжения, представляется возможным, в первую очередь, с использованием СПГ. Принимая во внимание отсутствие на этих территориях железных дорог и автомобильных дорог соответствующего класса, основным видом транспорта для доставки СПГ следует рассматривать морской транспорт. Подтверждением тому являются уже реализованный проект по доставке СПГ из Приморского края в г. Магадан, а также запланированные проекты по доставке СПГ с Сахалина на Камчатку и Курильские острова. Это направление особенно актуально для арктических территорий, вдоль которых проходит морской маршрут экспорта ямальского СПГ в страны Северо-Восточной Азии.

Заключение

Анализ показывает, что под действием внутренних и внешних экономических и политических факторов последних десятилетий намечавшиеся в Восточной газовой программе РФ планы, в том числе в части формирования газотранспортной системы в восточных регионах России, были реализованы не в полной мере, не в тех масштабах и не в тех направлениях. К настоящему времени построена лишь часть из запланированных газодобывающих и газотранспортных объектов. В текущих условиях не рассматривается вариант переброски газа из Восточной Сибири в западном направлении в ЕСГ, а главным направлением является транспорт газа с запада на восток, причем не только восточносибирского, но и западносибирского, включая газ Ямала. При этом потенциальная годовая добыча источников для газоснабжения восточных регионов в ближайшей перспек-

Морское побережье острова Кунашир

Источник: redtc / depositphotos.com

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(197) / 2024

тиве может составить более 680 млрд м^3.

При формировании так называемой Восточной ГТС России выявились отдельные проблемы. В частности, из-за недоступности зарубежных технологий подводной добычи газа и отсутствия аналогичных отечественных технологий вероятна задержка с освоением Южно-Киринского ГКМ – главной сырьевой базы Дальневосточного экспортного маршрута в Китай. Временным решением этой проблемы представляется ускоренное сооружение МГ «Белогорск – Хабаровск» для транспортировки необходимых объемов восточносибирского газа для исполнения обязательств перед Китаем по соответствующему контракту. С этим связана и давняя проблема сооружения газопровода «Ковыкта – Саянск», необходимого для развития большой газохимии на ГХК АО «Саянскхимпласт» с использованием многокомпонентного ковыктинского газа. Очевидно, что до закрытия экспортных обязательств перед Китаем эта проблема не будет решена.

Несмотря на эти и другие проблемы, учитывая значительную ресурсную базу и острую необходимость замещения западных экспортных маршрутов восточными, можно ожидать, что в ближайшие десятилетия в восточных регионах России будет сформирована достаточно мощная газотранспортная система, способная обеспечить сетевым газом южные территории Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, а три рассмотренных экспортных маршрута – Дальневосточный, Восточный и Западный – позволят увеличить поставки трубопроводного газа в Китай почти до 100 млрд м^3/год.

При этом развитие систем газоснабжения удаленных труднодоступных территорий СФО и ДФО, за исключением ограниченного числа территорий, имеющих собственные месторождения газа и локальные системы газоснабжения, будет возможным в первую очередь с применением СПГ. Принимая во внимание отсутствие на этих территориях железных и автомобильных дорог соответствующего класса, основным видом транспорта для доставки сюда СПГ следует рассматривать морской транспорт. Это направление особенно актуально для арктических территорий, вдоль которых проходит морской маршрут экспорта ямальского СПГ в страны Северо-Восточной Азии.

Работа выполнена в рамках проекта государственного задания (№ FWEU-2021-0004) программы фундаментальных исследований РФ на 2021–2030 гг. с использованием ресурсов ЦКП «Высокотемпературный контур» (Минобрнауки России, проект № 13.ЦКП.21.0038).

Использованные источники

1. *Программа создания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902059423 (26.11.2022).*
2. *«Сахалин-2» изменил стратегию работы на месторождениях. – URL: https://neftegaz.ru/news/spg-szhizhennyy-prirodnyy-gaz/757416-sakhalin-2-izmenil-strategiyu-raboty-na-mestorozhdeniyakh/?ysclid=lpm52f3t1r867290719 (05.11.2022).*
3. *«Сахалин-2». – URL: https://www.gazprom.ru/projects/sakhalin2/ (25.11.2023).*
4. *Транссахалинская трубопроводная система. – URL: https://neftegaz.ru/tech-library/transportirovka-i-khranenie/142450-transsakhalinskaya-truboprovodnaya-sistema/?ysclid=lpkzmd88d6507141317 (25.11.2023).*
5. *«Сахалин-3». – URL: https://www.gazprom.ru/projects/sakhalin3/ (25.11.2023).*
6. *«Сахалин – Хабаровск – Владивосток». – URL: https://www.gazprom.ru/projects/skhv/ (25.11.2023).*
7. *Чаяндинское месторождение. – URL: https://www.gazprom.ru/projects/chayandinskoye/ (25.11.2023).*
8. *«Сила Сибири». – URL: https://www.gazprom.ru/projects/power-of-siberia/*
9. *Амурский газоперерабатывающий завод. – URL: https://www.gazprom.ru/projects/amur-gpp/ (25.11.2023).*
10. *Ковыктинское месторождение. – URL: https://www.gazprom.ru/projects/kovyktinskoye/ (25.11.2023).*
11. *«Газпром» исключит из целевых показателей своего стратегического планирования долю на газовом рынке Европы. – URL: https://neftegaz.ru/news/companies/784526-gazprom-isklyuchit-iz-tselevykh-pokazateley-svoego-strategicheskogo-planirovaniya-dolyu-na-gazovom-r/ (26.11.2023).*
12. *Новый рекорд. «Газпром» вновь обновил исторический максимум суточных поставок газа в Китай. – URL: https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/804383-novyy-rekord-gazprom-vnov-obnovil-istoricheskiy-maksimum-sutochnykh-postavok-gaza-v-kitay/ (28.11.2023).*
13. *«Газпром» создает дополнительные возможности для надежного энергоснабжения регионов Востока России. – URL: https://www.gazprom.ru/press/news/2023/october/article568249/ (26.11.2023).*
14. *Правление «Газпром»а оценило ход работ по расширению российской ГТС. – URL: https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/795866-pravlenie-gazproma-otsenilo-khod-rabot-po-rasshireniyu-rossiyskoy-gts/ (26.11.2023).*
15. *Актуализированы программы развития газоснабжения и газификации восьми российских регионов на 2021–2025 гг. – URL: https://www.gazprom.ru/press/news/2022/june/article553821/ (20.06.2022).*
16. *Поставки трубопроводного газа в Китай в денежном выражении выросли на 13%. – URL: https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/824942-postavki-truboprovodnogo-gaza-v-kitay-v-denezhnom-vyrazhenii-vyrosli-na-13/ (20.03.2024).*
17. *«Газпром» готовится к проектированию подводного перехода через р. Уссури в рамках Дальневосточного маршрута поставок газа в Китай. – URL: https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/798203-gazprom-gotovitsya-k-proektirovaniyu-podvodnogo-perekhoda-cherez-r-ussuri-v-ramkakh-dalnevostochnogo/ (26.11.2023).*
18. *Допсоглашения оказалось мало? «Газпром» обновил рекорд по поставкам газа в Китай. – URL: https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/804316-dopsoglasheniya-okazalos-malo-gazprom-obnovil-rekord-po-postavkam-gaza-v-kitay/ (26.11.2023).*
19. *«Газпром» начал изыскания по соединению МГП «Сила Сибири – 1» и Сахалин – Хабаровск – Владивосток. – URL: https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/795568-gazprom-nachal-izyskaniya-po-soedineniyu-mgp-sila-sibiri-1-i-sakhalin-khabarovsk-vladivostok/ (26.11.2023).*
20. *Известна дата начала работ по строительству газопровода Белогорск – Хабаровск в Хабаровском крае. – URL: https://neftegaz.ru/news/transport-and-storage/814493-izvestna-data-nachala-rabot-po-stroitelstvu-gazoprovoda-belogorsk-khabarovsk-v-khabarovskom-krae-/ (06.02.2024).*
21. *«Газпрому» поручено приступить к прединвестиционной стадии проекта «Сила Сибири – 2». – URL: https://www.gazprom.ru/press/news/2020/march/article502469/ (30.03.2020).*
22. *Вице-премьер А. Новак: «РФ нацелена в короткие сроки соединить единую систему газоснабжения с магистралями на востоке страны». – URL: https://neftegaz.ru/news/gazoraspredelenie/793108-vitse-premer-novak-soobshchil-o-vypolnennykh-rabotakh-v-sfere-gazifikatsii-/ (24.10.2023).*
23. *В. Путин заявил об объединении МГП Сила Сибири и Сахалин-Хабаровск-Владивосток. – URL: https://neftegaz.ru/news/exhibitions/793746-v-putin-zayavil-ob-obedinenii-mgp-sila-sibiri-i-sakhalin-khabarovsk-vladivostok/ (18.09.2023).*
24. *А. Новак на правительственном часе в Совфеде подтвердил планы по производству СПГ и поставкам трубопроводного газа в Китай. – URL: https://neftegaz.ru/news/gosreg/803737-a-novak-na-parlamentskom-chase-v-sovfede-podtverdil-plany-po-proizvodstvu-spg-i-postavkam-truboprovo/ (26.11.2023).*
25. *«АЛРОСА-Газ» построит УКПГ для Новоленской ТЭС. – URL: https://neftegaz.ru/news/gazoraspredelenie/792961-alrosa-gaz-postroit-ukpg-dlya-novolenskoy-tes/ (24.10.2023).*
26. *ЯТЭК продолжает поиск партнера для реализации проекта Якутский СПГ. – URL: https://neftegaz.ru/news/spg-szhizhennyy-prirodnyy-gaz/786028-yatek-prodolzhaet-poisk-partnera-dlya-realizatsii-proekta-yakutskiy-spg/ (10.07.2023).*
27. *«Норильсктрансгаз». – URL: https://norilsktgaz.ru/proizvodstvo/transportirovka-prirodnogo-gaza-i-gazovogo-kondensata/ (29.05.2023).*
28. *«Сибнефть-Чукотка». – URL: https://sibneft.org/proizvodstvo/ (29.05.2023).*
29. *Власти Чукотки и «РусГидро» договорились о газификации Анадырской ТЭЦ. – URL: http://www.rosteplo.ru/news.php?zag=1495607744 (25.05.2017).*
30. *Государственная программа «Развитие энергетики Чукотского автономного округа». – URL: https://docs.cntd.ru/document/432868309 (04.06.2023).*
31. *«НОВАТЭК» построит в Певеке (Чукотка) СПГ-терминал для бункеровки судов. – URL: https://portnews.ru/news/283020/ (19.09.2023).*
32. *Запасы и ресурсы Камчатки. – URL: https://www.gazprom.ru/projects/kamchatka/ (29.05.2023).*
33. *«Газпром» получил новую поисковую лицензию на Камчатке. – URL: https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/08/08/728404-gazprom-kamchatke (29.05.2023).*
34. *«Газпром» и Камчатский край договорились о развитии газоснабжения и газификации региона на 2021–2025 гг. – URL: https://www.gazprom.ru/press/news/2020/august/article511764/ (29.05.2023).*
35. *«Газпрому» поручат увеличить объемы работ по доразведке газовых месторождений на Камчатке. – URL: http://neftegaz.ru/news/view/148603-Gazpromu-poruchat-uvelichit'-ob'emy-rabot-po-dorazvedke-gazovyh-mestorozhdeniy-na-Kamchatke (25.04.2016).*
36. *Дорожная карта газификации Камчатского края на период до 2025 г. (утв. РП РФ от 9 августа 2023 г. № 2148-р).*
37. *СПГ для Морского волка. «Газпром» гелий сервис отгрузил СПГ на предприятие по производству и переработке рыбного жира в г. Магадан. – URL: https://neftegaz.ru/news/spg-szhizhennyy-prirodnyy-gaz/777511-spg-dlya-morskogo-volka-gazprom-geliy-servis-otgruzil-spg-na-predpriyatie-po-proizvodstvu-i-pererabo/ (26.05.2023).*
38. *Реализация пятилетней программы развития газоснабжения и газификации Сахалинской области идет по графику. – URL: https://www.gazprom.ru/press/news/2021/june/article529989/ (03.06.2021).*
39. *В Южно-Сахалинском селе Дальнее будет создан КСПГ для локальной газификации Курильских островов. – URL: https://neftegaz.ru/news/spg-szhizhennyy-prirodnyy-gaz/771003-v-yuzhno-sakhalinskom-sele-dalnee-budet-sozdan-kspg-dlya-lokalnoy-gazifikatsii-kurilskikh-ostrovov-/ (20.09.2023).

УДК 620.9 DOI 10.46920/2409-5516_2024_6197_58 EDN: EVPCSV

Исторические развилки и долгосрочное развитие энергетики

Historical forks and long-term energy development

Вячеслав КУЛАГИН
Заведующий отделом развития энергетического комплекса мира и России ИНЭИ РАН
E-mail: vakulagin@yandex.ru

Vyacheslav KULAGIN
Head of the Department for Development of the Energy Complex of the World and Russia, ERI RAS
E-mail: vakulagin@yandex.ru

Дмитрий ГРУШЕВЕНКО
Старший научный сотрудник ИНЭИ РАН
E-mail: grushevenkod@gmail.com

Dmitry GRUSHEVENKO
Senior Researcher, ERI RAS
E-mail: grushevenkod@gmail.com

Анна ГАЛКИНА
Старший научный сотрудник ИНЭИ РАН
E-mail: anne.galkina@gmail.com

Anna GALKINA
Senior Researcher, ERI RAS
E-mail: anne.galkina@gmail.com

ВЭС в Канаде *Источник: pictureguy / depositphotos.com*

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы развития мировой энергетики до 2050 г., включая структуру производства и потребления энергии, ситуацию на топливных рынках. Три сценария отражают различия в регулировании рынков, торговых ограничениях, способности стран выходить на согласованные решения по ключевым аспектам мирового развития. Изменение ситуации на внешнем и внутреннем рынках требует своевременной адаптации энергетической политики страны.
Ключевые слова: прогноз, спрос на нефть, глобальное потребление, поставки природного газа, сценарии развития.

Abstract. The article shows the prospects for the development of global energy until 2050, including the structure of energy production and consumption, and the situation on fuel markets. The three scenarios reflect differences in market regulation, trade restrictions, and the ability of countries to reach agreed decisions on key aspects of global development. The changing situation in the foreign and domestic markets requires the adaptation of the country's energy policy.
Keywords: forecast, oil demand, global consumption, natural gas supplies, development scenarios.

Сегодня примерно 700 млн чел. не имеет доступа к электроэнергии. Круглосуточное электроснабжение недоступно более 60% странам мира

Большинство жителей Африки до сих пор используют дрова
Источник: Oni_Abimbola / depositphotos.com

Предисловие

На протяжении около 10 лет значительная часть прогнозов в мире строится по одному принципу. Вначале формируется сценарий сохранения предыдущих тенденций, в котором часто не учитывается даже естественная эволюция, просто продляется линия первичного потребления и других показателей. Противоположенный сценарий показывает переход практически к нулевым выбросам без оглядки на экономическую реалистичность, он только отвечает на вопрос – что в теории нужно сделать, чтобы перейти к низкоуглеродной или безуглеродной энергетике? Третий сценарий формируется между ними, и именно он обычно представляется как рациональный. На практике же во всех прогнозах преследуется схожая логика и предлагается единственный «реалистичный» вариант. В описываемом в статье исследовании стояла задача не повторить в очередной раз уже многократно высказанные мысли, а определить практически обоснованные пути развития энергетики и последствия для рынков и отдельных стран в зависимости от выбранного пути по актуальным развилкам, связанным с усилиями в достижении ЦУР и регулированием рынков, включая создаваемые торговые ограничения.

Исторические развилки

Мы находимся в историческом моменте, когда человечеству необходимо выбрать путь дальнейшего развития из нескольких вариантов. Каждая из имеющихся развилок формирует свои условия и требования для энергетического сектора. Выделим несколько ключевых неопределенностей, от принятия решений по которым будет зависеть функционирование мировой экономики и энергетики в предстоящие десятилетия:

1. Глобализация. Ключевыми элементами глобализации являются открытость международной торговли, возможности трансфера технологий и финансов. Этап активного развития этого взаимодействия сегодня столкнулся с барьером из санкций и торговых ограничений. Все больше делается заявлений о дальнейшем вводе заграждающих барьеров между различными странами, как по политическим причинам, так и для поддержки собственных производителей [5]. Во многом причина происходящего кроется в потере эффективности ранее действовавших глобальных механизмов разрешения политических противоречий. От способности перезапустить их в доработанном, соответствующем актуальным реалиям виде, будет зависеть – продолжит ли мир путь в сторону глобализации, или сосредоточится на элементах локального взаимодействия внутри отдельных групп стран [3, 4].
2. Низкоуглеродное развитие. На Парижской конференции ООН по изменению климата в 2015 г. заключено международное соглашение о необходимости сдерживания выбросов парниковых газов для предотвращения негативных климатических изменений. Для некоторых государств и населенных пунктов вопрос вредных выбросов, причем не только парниковых газов, является также актуальным из-за сложной экологической ситуации. Добиться глобального снижения выбросов в соответствии со стоящими целями можно будет только при наличии согласованных действий стран мира и запуске соответствующих механизмов. Но пока достаточных решений, позволяющих это сделать, не принято. Более того, как показывает опыт Киотского протокола и Киото-2, даже на уровне крупнейших экономик запустить процесс согласованного управления выбросами – крайне сложная задача.
3. Борьба с энергетической бедностью и повышение устойчивости энергоснабжения населения и экономик. Сегодня в мире по оценкам ООН примерно 700 млн чел. не имеет доступа к электроэнергии. К круглосуточному стабильному электроснабжению в режиме 24/7 по оценкам ИНЭИ РАН не имеет доступа более 60% стран мира. Около половины потенциального спроса на энергию не удовлетворено. Это легко определить, сравнив душевое потребление энергии в странах с разными уровнями доходов населения. По мере развития экономик доступность энергоресурсов повышается. Но главная проблема заключается в том, что основной прирост населения ожидается в регионах с самой сложной социально-экономической ситуацией, что создает предпосылки для увеличения числа людей, не обеспеченных необходимой энергией. Соответственно развилка предлагает выбор между расчетом всех стран на собственные возможности, или готовностью и способностью более развитых государств оказывать поддержку наименее развитым в энергетическом секторе – софинансирование проектов, трансфер технологий, обучение специалистов и т. д.

Каждая из указанных трех неопределенностей влияет на объемы и структуру потребления энергоресурсов, работу энергетических рынков.

Старый ветровой двигатель и новые ВЭС в Австралии
Источник: itpow / depositphotos.com

Рынок в Индии
Источник: Karthickgnani / depositphotos.com

Анализ ВВП и энергопотребления на душу населения наглядно показывает, что насыщение удельных потребностей в энергоресурсах происходит на уровне 30–40 тыс. долл./чел. душевого дохода

Последствия выбранного пути для энергетики

Для оценки последствий выбора имеющихся развилок в Прогнозе развития энергетики мира и России – 2024 [2], подготовленным ИНЭИ РАН, сформировано три комплексных сценария, рассматривающих как путь с разделением мира на два крупных лагеря (сценарий «Раскол»), так и вариант с выходом на механизм, позволяющий находить согласованные решения по ключевым вопросам мирового развития и продолжить движение к глобализации (сценарий «Ключ»). Третий вариант фактически отражает подход «каждый сам

за себя» и предполагает частичные торговые ограничения в условиях сдержанного мирового экономического развития (сценарий «Туман»).

Во всех сценариях потребности мировой экономики (среднегодовой рост мирового ВВП до 2050 г. прогнозируется на уровне 1,9–2,5%) и растущего по численности населения (увеличение с 7,9 до 9,7 млрд чел. по всем сценариям) создают основу для увеличения спроса на энергию. Но совершенствование технологий приводит к повышению энергоэффективности и сдерживает этот рост, а в части развитых стран уже приводит к сокращению потребления.

Адыгейская ВЭС
Источник: novawind.ru

Ключевым фактором, определяющим уровень энергопотребления, будет финансовая способность людей удовлетворять свои бытовые и прочие энергетические потребности. Анализ душевого ВВП и душевого энергопотребления достаточно наглядно показывает, что насыщение удельных потребностей в энергоресурсах происходит на уровне 30–40 тыс. долл./чел душевого дохода. После этого показатель душевого энергопотребления начинает снижаться под действием энергоэффективности и развития неэнергоемких секторов экономики. Причем с течением времени эта планка для новых стран, подходящих к уровню насыщения, уменьшается, т. к. они, благодаря мировому НТП и трансферу технологий, используют уже более эффективное оборудование, чем их предшественники несколько десятилетий ранее. Проведенный анализ показывает, что сегодня около 50% мировой потребности в энергии не удовлетворено из-за неплатежеспособного спроса (рис. 1). К 2050 г. многим странам удастся улучшить доступность энергии благодаря росту доходов, но самый быстрый прирост численности населения будет происходить в беднейших государствах, что сохранит высокий уровень неудовлетворенного спроса примерно на тех же 50%. Но любые положительные тенденции в этом направлении способны создать существенный дополнительный спрос на энергию.

Потребность конечных секторов в энергии и рост численности населения приведут к неизбежному увеличению спроса на первичную энергию, но динамика прироста будет замедляться, а в сценарии «Туман» будет пройден исторический пик потребления. Роль в энергобалансе безуглеродных и низкоуглеродных источников энергии, а также газа будет расти, но и уголь и нефть останутся важными стабилизирующими элементами всей системы (рис. 2).

Во всех сегментах потребления благодаря НТП и появлению новых решений усилится межтопливная конкуренция. При этом основным трендом в большинстве секторов конечного потребления (комбыт, промышленность, транспорт) будет электрификация. И именно структура производства и схема построения электросистем во многом будут определять расходы на энергию, используемые тарифные схемы и устойчивость снабжения.

Солнечная и ветровая энергетика во многих странах мира уже входят в зону конкурентоспособности по затратам с традиционной генерацией. Но неустойчивость выработки и несовпадение пиков производства/потребления делает необходимым резервирование ископаемыми источниками, или создание систем аккумулирования энергии. Существенное влияние на конкуренцию будет оказывать наличие цен CO_2 и их уровень. При небольшой доле солнца и ветра в генерации они могут достаточно органично вписываться в баланс за счет страховки от остальных источников. Но ее увеличение потребует существенного роста затрат как на резервирование (в данном случае за счет станций с низкими КИУМ

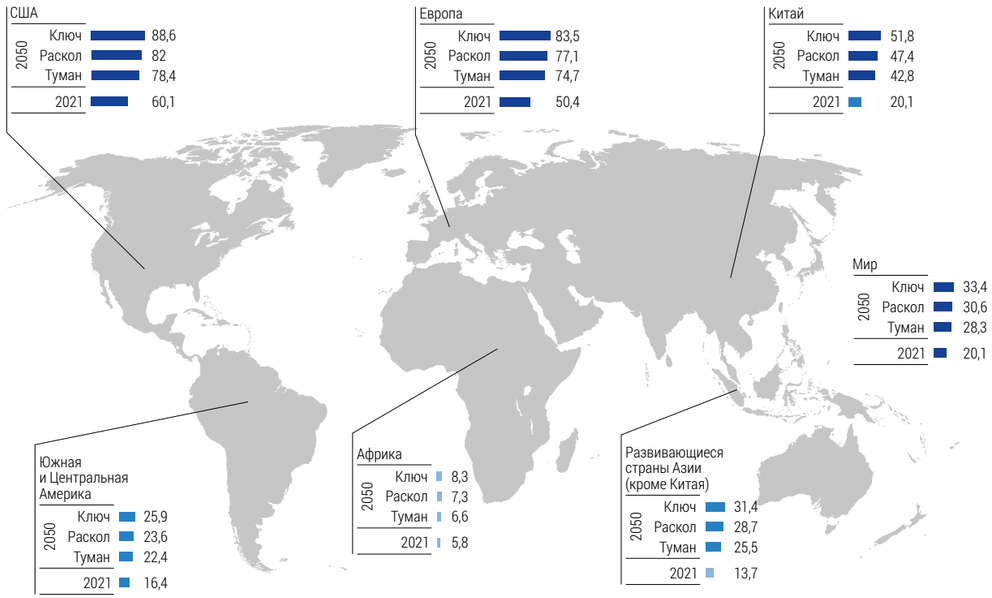


Рис. 1. Душевой ВВП как индикатор энергообеспеченности, тыс. долл./чел.

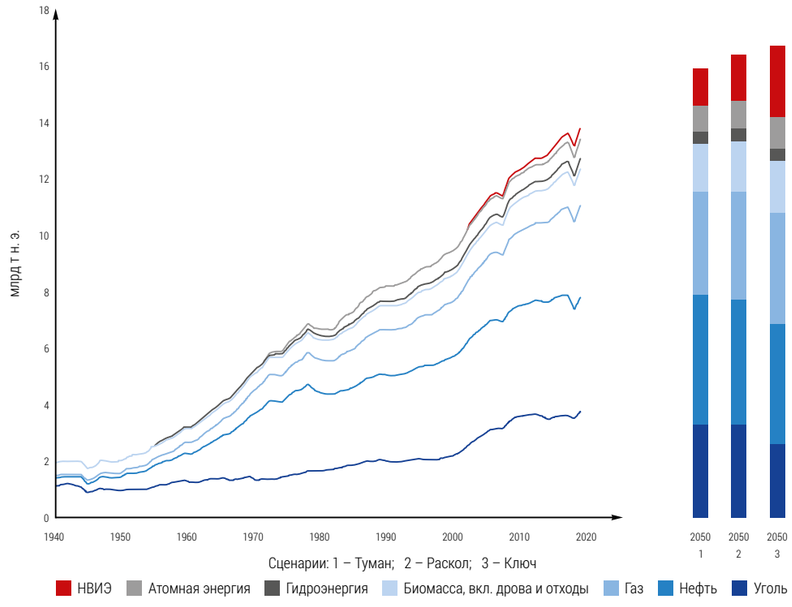


Рис. 2. Динамика мирового энергопотребления по видам топлива с 1940 по 2050 гг., млрд т н. э.

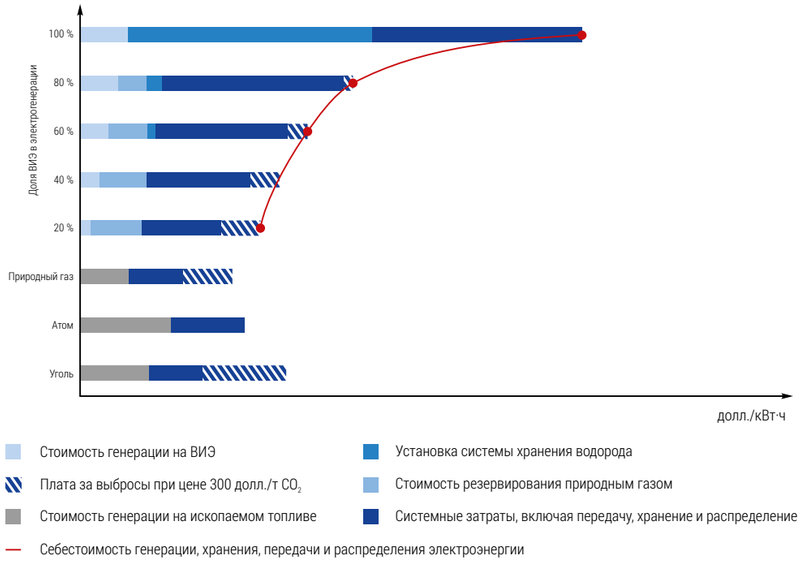


Рис. 3. Схематическое изменение полных затрат на поставки электроэнергии до уплаты налогов с учетом стоимости генерации, системных эффектов, платы за выбросы CO_2-экв., долл./кВт·ч

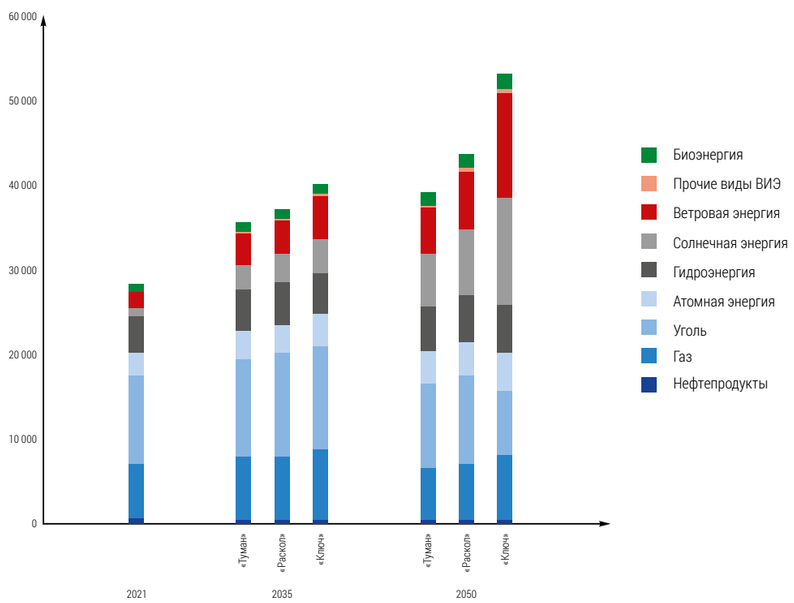


Рис. 4. Прогноз производства электроэнергии в мире по видам топлива, ТВт·ч

из-за простоя), так и на накопление энергии (с учетом как затрат на хранение, так и дополнительных потерь электроэнергии в системах хранения). В результате переход на снабжение исключительно за счет ВИЭ приведет к росту затрат на поставки электроэнергии в 3–7 раз в зависимости от страны, если учитывать системные эффекты (рис. 3).

Как показывает опыт эксплуатации солнечных и ветровых парков в разных странах мира, в отельные периоды времени выработка может находиться на близком к нулевому уровню более недели. Демпфировать такие провалы за счет накопления энергии очень дорого. Очень мало стран будут готовы идти и на ускоренные темпы роста цен на электроэнергию. Поэтому необходим поиск приемлемых компромиссов, сочетающих различные виды генерации. И компромиссы эти будут индивидуальными для каждой страны, в зависимости от природных условий, доступности топлив, возможностей перетоков электроэнергии с соседями.

Благодаря электрификации потребление электроэнергии будет увеличиваться динамичнее чем потребление топлив (нефтяных, газообразных, твердых). Во многом ситуация как в секторах конечного потребления, так и в структуре производства электроэнергии будет определяться создаваемыми стимулами и ограничениями. Так, сценарий «Ключ» с консолидацией мировых усилий по поддержке устойчивого развития демонстрирует самые высокие темпы прироста электропотребления и наиболее значительное изменение баланса выработки в пользу безуглеродных источников (рис. 4).

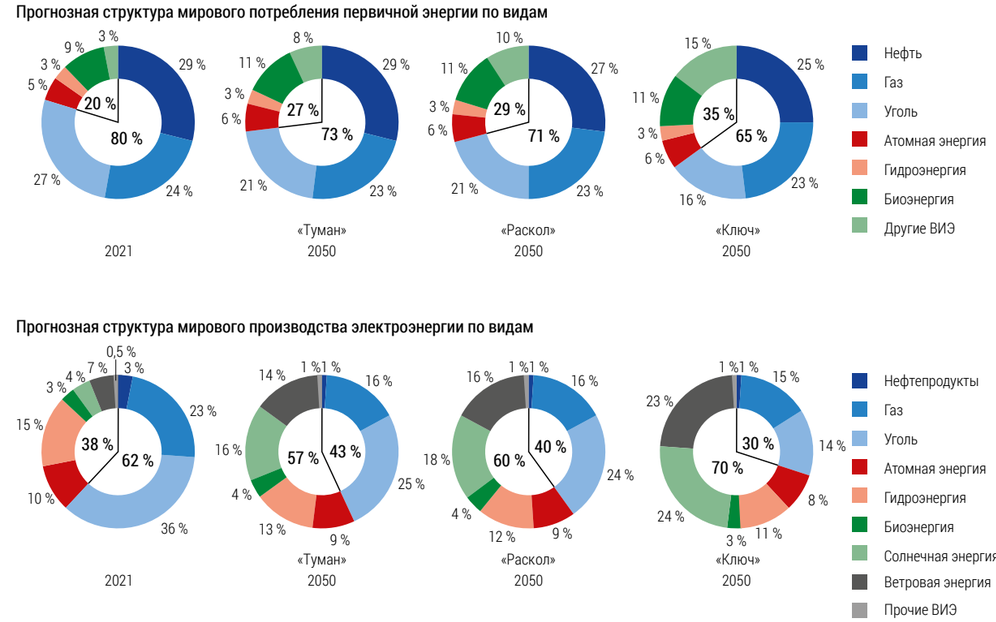


Рис. 5. Прогнозная структура мирового потребления первичной энергии и производства электроэнергии

В электроэнергетике в рассмотренных сценариях доля ВИЭ и атома к 2050 г. сможет увеличиться до 57–70%. Но в первичном энергопотреблении продолжат доминировать ископаемые источники (рис. 5).

Результаты расчетов наглядно показывают, что именно мир без ограничений позволяет обеспечить лучшие темпы экономического роста и показатели жизни людей при меньших выбросах парниковых газов (рис. 6).

Существенные трансформации будут происходить на рынках ископаемых топлив. В сценариях «Туман» и «Ключ» они главным образом будут обусловлены перемещением ключевых центров потребления и торговли в развивающиеся страны.

В сценарии «Раскол» к этому добавляются ограничения по направлениям поставок.

На нефтяном рынке основным центром торговли станет Индийский океан и азиатское побережье Тихого океана. Китай выйдет на первое место в мире по объемам потребления нефтепродуктов. Индия на 5-е, остальные развивающиеся страны Азии в сумме на 3-е. Африка начнет использовать больше нефтепродуктов, чем ЕС (рис. 7). В структуре производства изменения будут не такие значительные – более 70% показателей на протяжении более 3 лет мало реалистичен. Достижение ценами нижней планки в 50 долл./барр. ведет к выбытию значительного объема предложения. Целый ряд проектов по добыче трудноизвлекаемых нефтей не сможет работать при таких ценах. Кроме того, начнется переключение на нефтепродукты с других, более дорогих способов энергоснабжения. Верхняя планка в 120 долл./барр., наоборот, приводит к переключению с нефтепродуктов на альтернативы

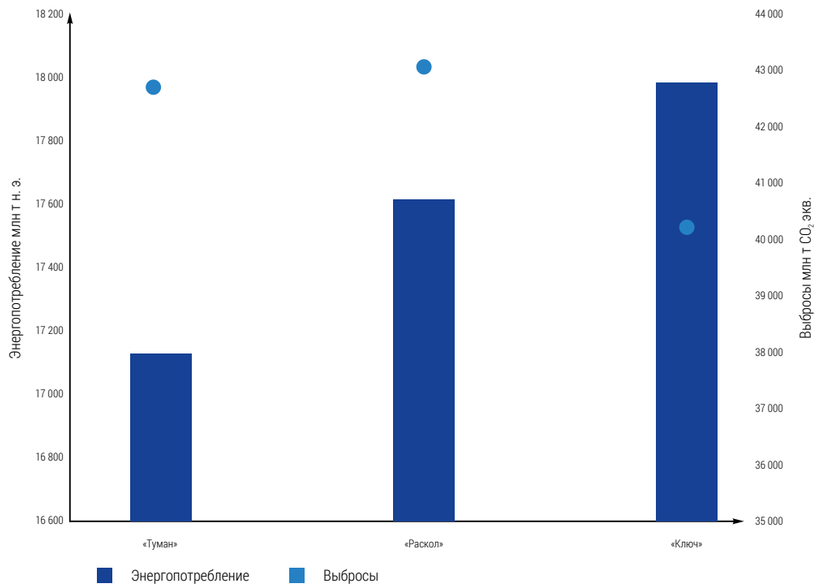


Рис. 6. Мировое энергопотребление и выбросы CO_2-экв. по сценариям

мировой добычи продолжат обеспечивать Ближний Восток, Северная Америка и СНГ.

ОПЕК+ будет обеспечивать около 55% общемировой добычи к 2050 г. Но его эффективность и способность выходить на согласованные решения будут зависеть от схемы организации работы. Разумно задействовать механизмы балансировки в периоды кризисного сокращения спроса, в остальное время больше позволяя работать рыночным инструментам.

Для цен на нефть рынок формирует два достаточно жестких уровня ограничений. Выход за них в моменте, учитывая волатильность и турбулентность нефтяного рынка, возможен, но для среднегодовых и снижению потребления из-за ограничений в доступности (рис. 8).

На газовом рынке ключевая торговля также смещается на Восток. Развивающиеся страны Азии к 2050 г. увеличат потребление на 60–80% и станут не только крупнейшими потребителями, но и ключевыми импортерами. Африка опередит по спросу Европу (рис. 9).

Объемы межстрановой торговли газом в ближайшие 30 лет будут находиться на уровне 1,2–1,3 трлн м^3. Крупнейшими покупателями будут Китай и Индия. Около 70% мировой добычи будет сконцентрировано в Северной Америке, СНГ и на Ближнем Востоке.

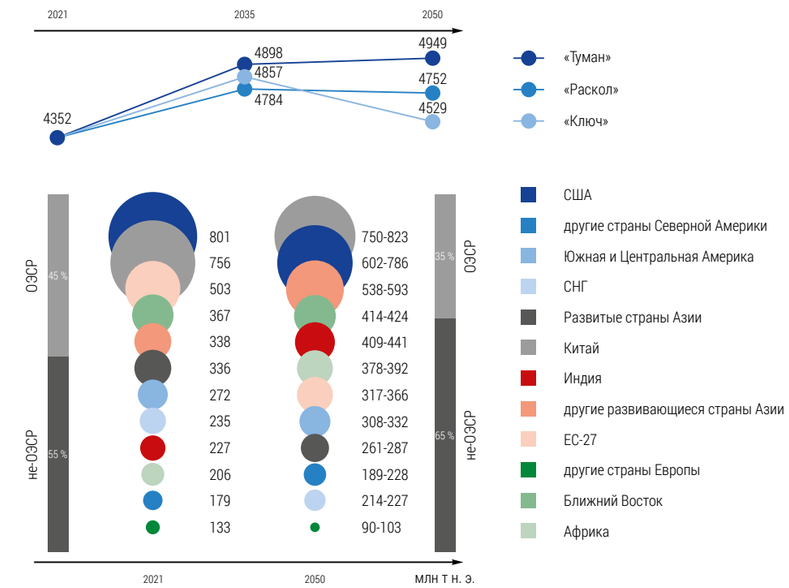


Рис. 7. Сценарный прогноз изменения потребления нефтепродуктов в мире, млн т н. э.

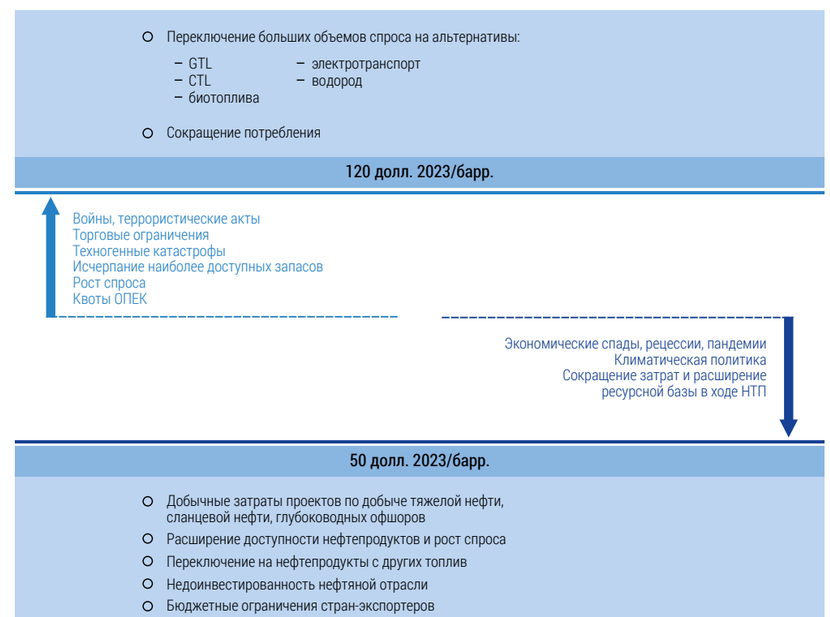


Рис. 8. Граничные интервалы прогнозных среднегодовых цен нефти и определяющие их факторы

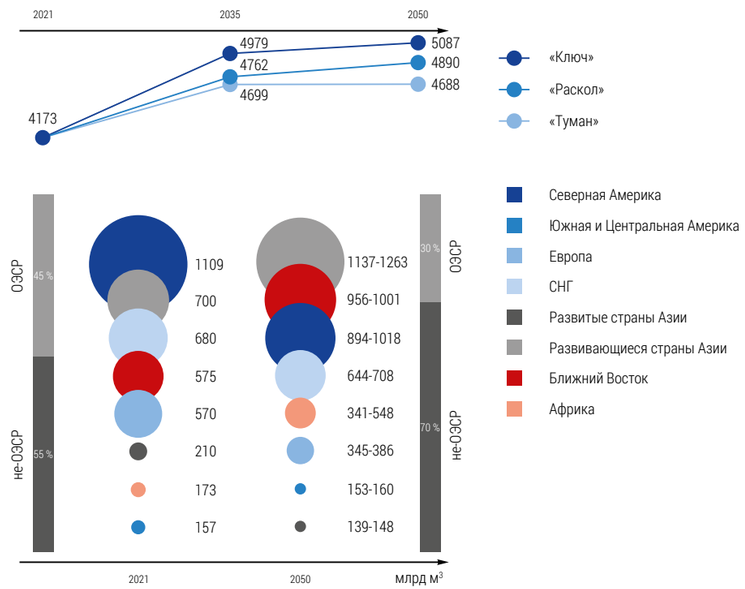


Рис. 9. Сценарный прогноз изменения потребления природного газа в мире, млрд м^3

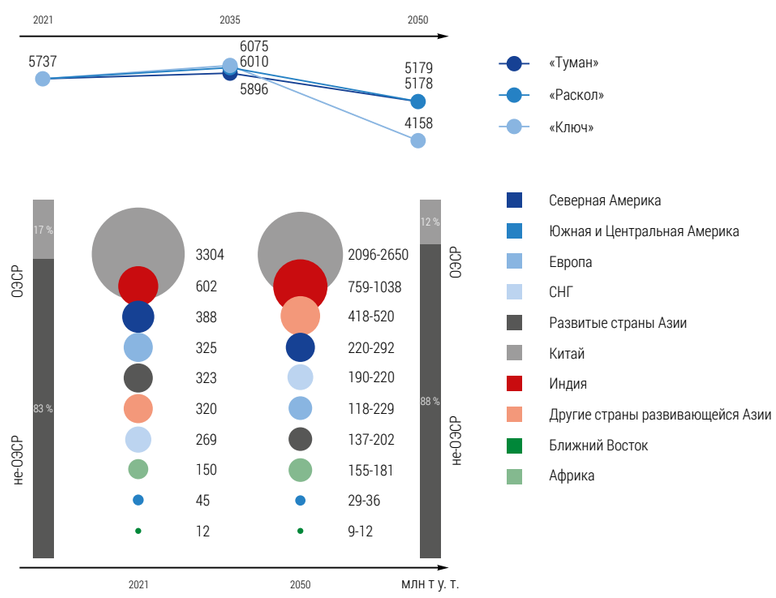


Рис. 10. Сценарный прогноз изменения потребления угля в мире, млрд м^3

На угольном рынке ожидается прирост потребления в ближайшие годы, после чего прохождение пика (рис. 10). Динамика рынка во многом зависит от политики Китая и Индии, которые обеспечат более 65% производства и потребления. Всего в развивающейся Азии будет сконцентрировано 75% мировой добычи угля. Индия будет крупнейшим импортером. К 2050 г. ожидается сокращение мировой торговли углем в 1,9–4,5 раза. Самые низкие объемы торговли в сценарии «Ключ», где самые высокие цены CO_2 и значительные усилия направлены на переход на более экологичные альтернативы.

Цены угля и газа ждет сильная волатильность из-за изменчивости спроса в электроэнергетике, где увеличивается доля ВИЭ с сильной зависимостью от погодных условий.

Цены нефти по сценариям преимущественно определяются спросом. Гибкость торговли жидкими топливами позволяет им не сильно зависеть от торговых ограничений, но в сценарии «Раскол» в полюсе западных стран формируется определенная премия ко второму полюсу. Для рынков угля и, особенно газа, эта премия становится более выраженной.

Одной из проблем в глобальном ценообразовании является отсутствие в будущих ключевых центрах торговли достаточного количества объективных ценовых индикаторов. И это направление явно должно стать предметом согласованной работы потребителей и поставщиков топлива.

Во всех сценариях мир пройдет пик выбросов парниковых газов от сжигания топлив в прогнозном периоде. При этом в сценарии «Раскол» вынужденное изменение логистических маршрутов, связанное с торговыми ограничениями, может привести к росту ежегодных выбросов CO_2 в мире на 1 млрд т CO_2-экв., что превышает годовые выбросы Германии и Франции вместе взятых, и по сути, обесценит всю запланированную работу Европы по сокращению углеродного следа в ближайшие 10 лет.

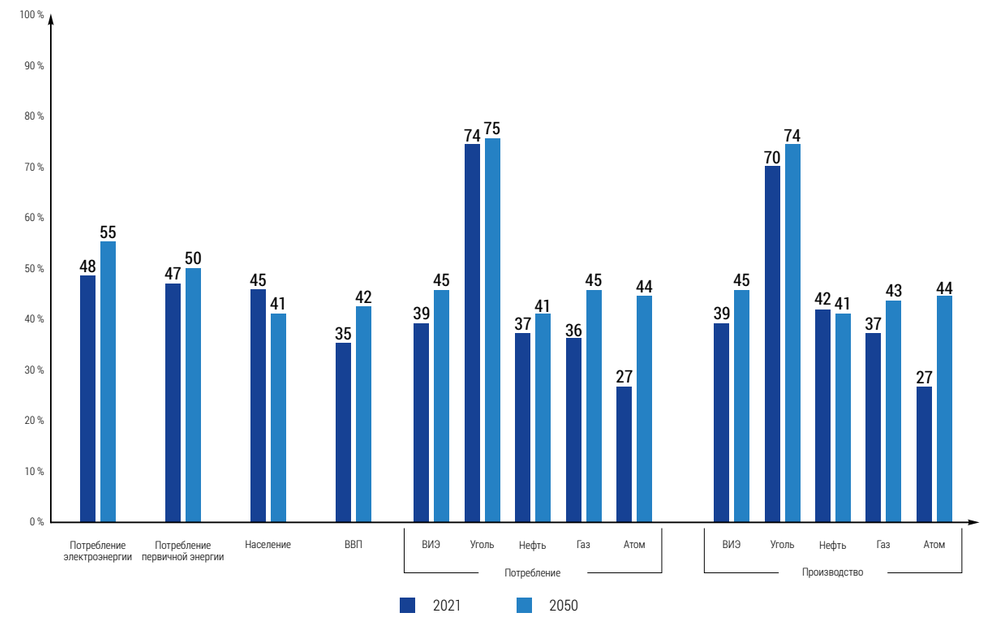


Рис. 11. Доля БРИКС в мировых показателях на 2021 и 2050 г. (в среднем по сценариям)

К 2050 г. на страны БРИКС (состав по состоянию на 2024 г.) придется половина мирового потребления и производства энергии (рис. 11).

Учитывая свое место в мировой энергетике и торговле БРИКС способен формировать и выносить на глобальное обсуждение энергетическую повестку будущего.

ОПЕК+ будет обеспечивать около 55% общемировой добычи к 2050 г. Но его эффективность и способность выходить на согласованные решения будут зависеть от схемы организации работы

Перспективы энергетики России

Доступность газа предопределяет сохранение за ним ведущей роли в энергетике России в ближайшие десятилетия (рис. 12). Есть потенциал для наращивания использования атомной энергии, а перспективы ВИЭ, прежде всего, будут определяться наличием государственных механизмов поддержки.

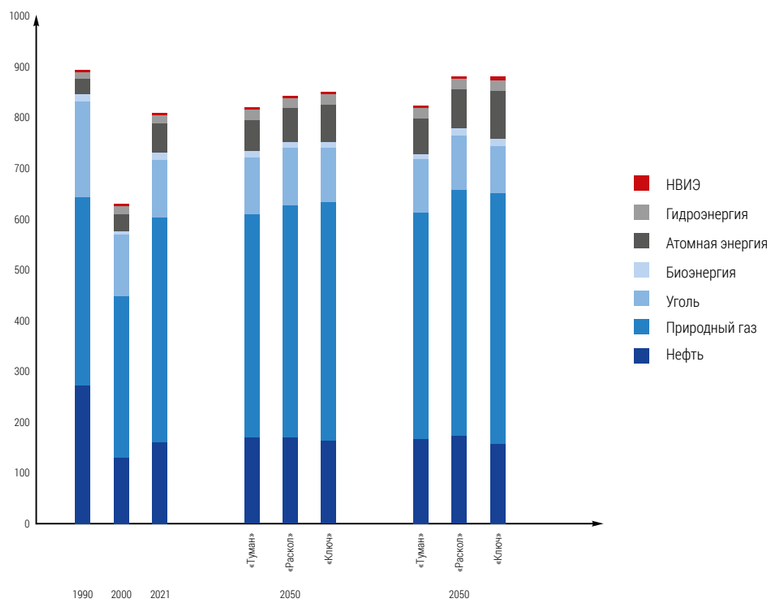
Для российской энергетики имеющиеся неопределенности мирового развития имеют важное значение при организации работы, как на внешнем, так и на внутреннем направлениях.

Богатые природные ресурсы, позволяющие полностью обеспечить собственные энергетические потребности страны, не должны быть поводом для самоуспокоения. В современном мире решающее значение имеет не столько наличие топлив в недрах, сколько наличие технологий и компетенций, позволяющих эффективно производить, транспортировать, перерабатывать и использовать как ископаемую, так и возобновляемую энергию.

Энергетика России на протяжении длительного времени функционировала в тесной интеграции с мировой и работала по схеме: основная прибыль и налоговая нагрузка обеспечиваются за счет работы на внешних рынках, поставки топлив внутри страны осуществляются на уровне, или ниже уровня окупаемости с возможностями перекрестного субсидирования отдельных сегментов от экспорта [1]. При этом поставщики оборудования и услуг выбирались исходя из сделанных предложений практически без оглядки на импортозависимость. Теперь для поддержания устойчивой работы и развития ТЭК требуется существенная перенастройка этой схемы.

Одним из ключевых элементов этой перенастройки является выход на технологическую и IT-независимость по критическим

Рис. 12. Потребление первичной энергии по источникам в России, млн т н. э.



и перспективным направлениям без потери качества, а также модернизация объектов для эффективного использования предоставляемых технологическим прогрессом новых возможностей, включая умные и цифровые системы, искусственный интеллект и т. д. Все это потребует принятия комплекса мер, задачей которого является стимулирование НИОКР (включая формирование согласованного с отраслью заказа на разработки и реализация схем государственного и частного финансирования с изменением доли в зависимости от этапа проекта), обеспечение функционирования экспериментальных площадок, установление требований к использованию отечественного оборудования, позволяющих не только создать рынок сбыта, но и обеспечить конкурентоспособность решений в сравнении с лучшими мировыми практиками. При этом по целому ряду направлений важно объединить возможности (научные и финансовые) не только государства и бизнеса, но и разных компаний, чтобы ускорить процесс и сформировать полноценный и обоснованный заказ на результаты.

Россия обладает очень важным преимуществом для технологического прогресса в ТЭК – наличие собственного крупного рынка. Это позволяет гарантировать заказы на начальных этапах отработки новых продуктов и после достижения конкурентоспособного уровня выходить с этими решениями за рубеж. Наглядным примером является атомная сфера, где эта схема уже отработана. Но потенциальные возможности работы на мировых рынках в различных сегментах оборудования, услуг и комплектующих для ТЭК значительно шире и этим целесообразно воспользоваться. Причем сегмент этот пока сильно недооценен, основной упор в планировании работы на внешних рынках чаще делается на обычные поставки топлива.

Новые точки экономического роста требуют особого внимания. На всем прогнозном горизонте будет снижаться в мировой энергетической торговле доля топлив и расти доля оборудования и услуг. Это наглядно видно по структуре ТЭБ и трансформации рынков. И здесь будут востребованы как решения в области традиционной энергетики, так и новые направления, включая оборудование для ВИЭ, накопления энергии и т. д. Отдельное внимание следует уделять обеспечению доступа к редкоземельным материалам. Хорошие ресурсные возможности есть для развития нефтегазохимии, но реальный эффект тут можно будет получить только при параллельном развитии смежных производств с выходом на конечную продукцию.

В обществе и коридорах власти наблюдается некоторая усталость от термина «повышение эффективности», который формально прописывают в различных документах, часто без планирования реальных действий для выполнения этой цели. Сложно обосновать реальные эффекты работы в этой области, когда запасы топлив большие, цены на энергоресурсы в стране существенно ниже, чем на внешних рынках, а проекты замены оборудования и инфраструктуры при таких ценах имеют слишком долгие сроки окупаемости. Но есть несколько факторов, демонстрирующих, что этот вопрос не должен уходить на второй план:

Газовая заправка в России
Источник: rally36.ru

- запасы ископаемых топлив в недрах действительно большие, но расточительное их использование ведет к необходимости ускоренного перехода на существенно более сложные проекты с быстрым ростом производственных затрат и увеличением плеча поставки, как следствие рост себестоимости, снижение возможностей налоговых выплат и т. д.;

АЭС Пакш (Paks NPP 2009)

Источник: «Росатом»

- старое оборудование ограничивает возможности внедрения современных систем управления и учета, повышает риски аварий;
- без модернизации сложно будет достичь целевых уровней снижения выбросов, которые сегодня обсуждаются;
- именно модернизация с использованием отечественного оборудования способна дать дополнительные мультипликативные эффекты для развития экономики за счет заказов промышленности, создания рабочих мест и т. д.

Все эти факторы показывают необходимость стимулирования роста эффективности за счет комплекса ценовых и неценовых методов (стандарты, программы реновации и т. д.), а также принятия решений по своевременной модернизации ТЭК, который должен соответствовать лучшим мировым практикам.

Во многом устойчивость российского ТЭК будет зависеть от своевременного пересмотра подходов к ценовой и налоговой политике. Особенно это актуально для газовой отрасли, где принципиально меняются финансовые схемы работы [1]. К потере ключевого источника экспортных доходов прибавился кратный рост налогов в добыче и растущая убыточность внутреннего рынка. В таких условиях отрасль не сможет устойчиво функционировать, финансовая отчетность участников рынка за 2023–2024 гг. уже это наглядно демонстрирует. В условиях сложностей с перекрестным субсидированием, для всех сегментов ТЭК более актуальным становится вопрос балансирования налоговой нагрузки и наличия объективных ценовых индикаторов внутреннего рынка, которые позволили бы выстроить корректное безубыточное ценообразование. Необходимо постепенно выводить внутренний рынок на самоокупаемость, параллельно ликвидируя все виды перекрестного субсидирования. Ожидаемый рост ценовой волатильности внешних рынков делает необходимым гибкие подходы к изъятию ресурсной ренты и наличие государственного фонда, который будет демпфировать неустойчивость ежегодных поступлений с четкими правилами его наполнения/использования по каждому экспортируемому товару. Это позволит сделать более предсказуемой не только работу компаний, но и бюджетную политику.

Ускоренное развитие экономик стран Азии и переориентация экспортных потоков на это направление создают хорошие предпосылки для параллельного развития восточных территорий России и ликвидации имеющихся проблем с нехваткой энергоресурсов. Частично проблемы поставок можно решить за счет создания единой ГТС, которая не только расширит доступность газа, но и обеспечит взаимную страховку проектов. Но для некоторых территорий необходим поиск рациональных решений с учетом новых технологических возможностей. Вовсе не обязательно в каждый удаленный населенный пункт тянуть золотые трубы, можно использовать разумные варианты с автономным снабжением, в том числе за счет ВИЭ.

На внешних рынках для обеспечения эффективной работы необходимо не только создание инфраструктуры по новым направлениям, но и согласованные со странами-партнерами усилия по независимым международным механизмам финансового и страхового обслуживания, формированию ликвидных ценовых индикаторов на растущих рынках. В торговле нужно встраиваться в меняющую конъюнктуру за счет повышения гибкости поставок с использованием портфельных схем и логистического взаимодействия с зарубежными партнерами. В развивающихся странах целесообразно способствовать развитию систем энергоснабжения, в том числе за счет комплексного участия в проектах российских компаний, включая строительство, поставки оборудования и комплектующих, топлива и т. д.

Происходящие изменения с ускорением процессов трансформации в ТЭК и уже накопившиеся проблемы требуют адаптации подходов к стратегическому планированию отрасли, которое должно своевременно отвечать на появляющиеся вызовы.

Выводы

Как показывают результаты сценария «Раскол», мир вполне может функционировать в формате нескольких полюсов и это не является катастрофическим ни для одной из сторон, но уровень и качество жизни людей будет хуже, чем если бы мир развивался без торговых ограничений. Более того, неоптимальная логистика станет источником дополнительных затрат и выбросов.

Само развитие человечества с ростом численности населения и качества жизни во многом вступает в противоречие со сдерживанием выбросов парниковых газов из-за потребности в энергоснабжении, перемещении, производстве потребительских товаров и продуктов питания. Важным выводом работы является наглядная демонстрация, что можно обеспечить ускоренное мировое развитие с повышенными темпами ВВП и улучшением показателей по ключевым направлениям ЦУР без роста выбросов парниковых газов относительно менее благоприятных сценариев. Но обязательным критерием для этого является способность стран вести скоординированную международную политику и отказаться от торговых ограничений и сдерживания технологического трансфера.

Россия способна оставаться одним из ключевых игроков на мировом энергетическом рынке, а энергетика может по-прежнему быть одним из основных драйверов развития страны. Но для этого необходимо принятие своевременных усилий, как в части регулирования внутреннего рынка, так и в части адаптации экспортной политики к быстро меняющимся внешним условиям.

Использованные источники

1. *Кулагин В. А. Новая эпоха в развитии российской газовой отрасли. Вопросы экономики. 2024;(5):74–90. https://doi.org/10.32609/0042–8736–2024–5–74–90*
2. *Прогноз развития энергетики мира и России 2024 / под ред. А. А. Макарова, В. А. Кулагина, Д. А. Грушевенко, А. А. Галкиной; ИНЭИ РАН. Москва, 2024. – 207 с. – ISBN 978-5-91438-038-7*
3. *Aiyar S., Ilyina A. and others. Geoeconomic Fragmentation and the Future of Multilateralism. Staff Discussion Note, SDN/2023/001. International Monetary Fund, Washington, DC, 2023. https://www.imf.org/en/Publications/Staff-Discussion-Notes/Issues/2023/01/11/Geo-Economic-Fragmentation-and-the-Future-of-Multilateralism-527266*
4. *Bolhuis M., Chen J., Kett B. Fragmentation in Global Trade: Accounting for Commodities. IMF Working Paper, No. WP 23/73, 2023. https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/03/24/Fragmentation-in-Global-Trade-Accounting-for-Commodities-531327*
5. *President Biden Takes Action to Protect American Workers and Businesses from China's Unfair Trade Practices, May 14, 2024, Fact sheet USA White house. https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2024/05/14/fact-sheet-president-biden-takes-action-to-protect-american-workers-and-businesses-from-chinas-unfair-trade-practices/*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(197) / 2024

УДК 332.14, 620.9 DOI 10.46920/2409-5516_2024_6197_74 EDN: GYDGCY

Сценарий энергоперехода для России и мира

Energy transition scenario for Russia and the world

Владимир ДРЕБЕНЦОВ
Главный советник генерального директора РЭА Минэнерго России, к. э. н.

Николай ИВАНОВ
Директор проекта РЭА Минэнерго России, доцент кафедры международного нефтегазового бизнеса РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, к. э. н.

Валерий СЕМИКАШЕВ
Заведующий лабораторией ИНП РАН, к. э. н.

Vladimir DREBENTSOV
PhD (economics), Chief Advisor to Director General of Russian Energy Agency of the Ministry of Energy of Russia

Nikolai IVANOV
PhD (economics), Project Director of Russian Energy Agency of the Ministry of Energy of Russia, Associate Professor, Department of International Oil and Gas Business, Gubkin Russian State University of Oil and Gas

Valeriy Semikashev
PhD (economics), Head of laboratory, IEF RAS

Вечная мерзлота и газогидраты *Источник: АО «Мессояханефтегаз»*

Аннотация. Статья посвящена представлению аналитического доклада «Сценарии развития мировой энергетики до 2050 г.», подготовленного РЭА Минэнерго России. Для России и мира трансформация энергетической отрасли в направлении низкоуглеродного развития не имеет альтернатив, но пути энергоперехода должны учитывать реальные экономические и технологические возможности стран и регионов. В данной статье акцент делается на одном сценарии – «Рациональный технологический выбор», поскольку именно его авторы считают наиболее перспективным для нашей страны и мира в целом.
Ключевые слова: сценарии развития, энергопереход, безуглеродные технологии, спрос на газ.

Abstract. The article presents key conclusions of a report «Global energy scenarios to 2050» published by the REA of the Ministry of Energy of Russia. For both Russia and the world, transformation of the energy sector towards low-carbon development has no alternatives, yet the path of energy transition should account for economic and technological capabilities of countries and regions. This paper focuses on one scenario – «Rational Technological Choice» – as it is the one authors consider most promising for our country and the world as a whole.
Keywords: development scenarios, energy transition, carbon-free technologies, gas demand.

Сценарии основаны на понимании, что альтернатив энергопереходу нет, мир стоит перед необходимостью переходить на низкоуглеродные модели

СМЛОП «Варандей»
Источник: demas / ru.pinterest.com

«Прогнозы – дело сложное, особенно трудно прогнозировать будущее»[1], – эта формула Нильса Бора вполне применима к сегодняшним попыткам аналитических агентств предсказать направления развития мировой энергетики. Неудивительно, что слово «прогноз» давно вышло из оборота в этой профессиональной среде. Никто не хочет нести ответственность за решения, принятые на основании неудачных прогнозов, поэтому для описания и обсуждения будущих событий в англоязычной традиции принят термин outlook, не имеющий адекватного русского перевода. Речь, как правило, идет о сценарном моделировании будущего развития, зависящем от определенных исходных предпосылок. В РЭА подготовлен доклад «Сценарии развития мировой энергетики до 2050 г.»[2], показывающий возможные пути развертывания глобального энергоперехода.

Наши сценарии основаны на понимании, что альтернатив энергопереходу нет, мир стоит перед необходимостью переходить на низкоуглеродную модель развития,

[1] "Prediction is very difficult, especially about the future." Niels Bohr as quoted in Teaching and Learning Elementary Social Studies (1970) by Arthur K. Ellis, p. 431. URL: https://ru.citaty.net/avtory/nils-khenrik-david-bor/

[2] Полный текст обзора доступен на сайте РЭА Минэнерго России. URL: https://rosenergo.gov.ru/press-center/news/stsenarii-razvitiya-mirovoy-energetiki-do-2050-goda/

ЛЭП в сельской местности

Источник: termo-clima.it

вопрос лишь в скорости и масштабе грядущих преобразований, а также последствиях для экономики и общества. Поэтому рассмотрены три сценария развития энергетики – инерционный, революционный и промежуточный. Соответственно, они называются «Все как встарь», «Чистый ноль» и «Рациональный технологический выбор». Первый и второй сценарии подробно рассматривать едва ли стоит – они исходят из нереалистичных предпосылок: либо развитие энергетики ведёт к необратимым и неприемлемым климатическим изменениям, либо оно потребует чрезмерных ресурсов, концентрация которых в энергетике поставит под удар достижение других важных социально-экономических целей. Остается третий путь, его и обсудим.

«Рациональный технологический выбор» каждая из стран и каждый из 11 макрорегионов, рассмотренных в докладе РЭА Минэнерго России, делает по-своему. Есть общие закономерности, есть логика технологического развития, но сильны и региональные различия. Попробуем сосредоточиться на теме, актуальной именно для России – какой мы видим рациональный технологический выбор для нашей страны на горизонте до 2050 г.

Россия, как и большинство стран мира, объявила о климатических целях – в нашем случае достижение чистых нулевых выбросов парниковых газов должно произойти к 2060 г. Времени еще много, кажется, что можно не спешить с принятием мер по радикальному сокращению углеродного следа промышленности, сельского хозяйства, жилищно-коммунальной отрасли, транспорта и т. д., тем более что есть задачи и более срочные, и более насущные. Но дело в том, что энергетика – сфера инерционная, и зачастую решения, касающиеся отдаленного будущего, нужно принимать уже сейчас.

Российские перспективы

Наш подход основан на отказе от ложной дихотомии: либо достижение климатических целей, либо экономическое развитие. Рациональный технологический выбор предполагает, что можно добиваться снижения углеродоемкости экономики, не подвергая угрозе решение других важных социально-экономических задач. Для этого стоит не занимать крайнюю позицию с требованием остановить финансирование проектов по добыче углеводородов, а сделать упор на применение наиболее конкурентоспособных низкоуглеродных энергетических технологий. В результате можно добиться результата по снижению углеродного следа от энергетики без ущерба для экономического развития.

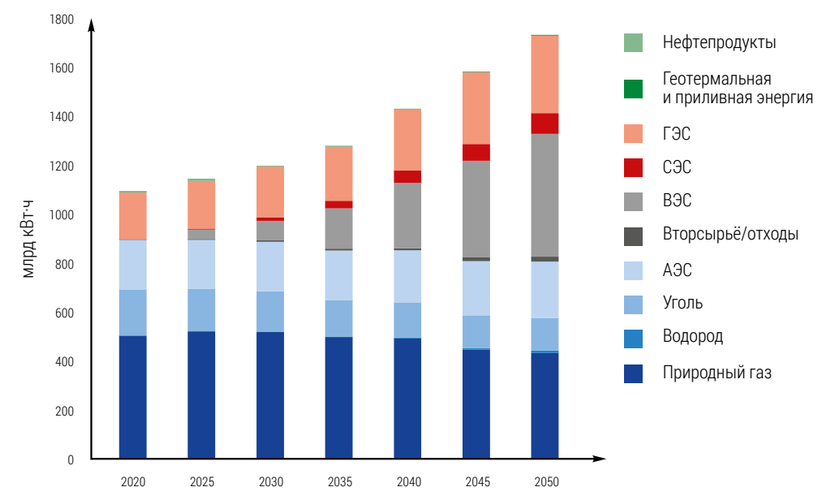
Задача декарбонизации актуальна для всех регионов мира, но для России она приобретает особую окраску. Десятилетиями наша страна была энергоизбыточной. Мы экспортировали нефть, газ, уголь и электроэнергию. Причем не всегда напрямую, иногда в косвенном виде – газ, например, можно экспортировать в форме выработанных с его помощью минеральных удобрений, а электроэнергию – в виде энергоемкой продукции (в частности, алюминия). При этом внутреннее использование энергоресурсов не всегда отличалось эффективностью. Поэтому повышение энергоэффективности – мощный, еще недостаточно использованный ресурс по экономии энергии, а значит, и сокращению выбросов при совершенствовании технологического уровня во всех отраслях – от строительства и ЖКХ до транспорта и промышленности.

Ещё один путь снижения углеродного следа – изменение структуры потребляемых энергоресурсов в секторах экономики. Особенно важны изменения в электроэнергетике.

Моделирование сценария РТВ для России показало, что в структуре потребляемых энергоресурсов для выработки электроэнергии (см. рис. 1) главные изменения будут связаны с использованием возобновляемых источников энергии. По отношению к 2020 г. в 2050 г. использование энергии ветра вырастет почти на три порядка и составит 29%. У других ВИЭ показатели чуть скромнее – солнечная генерация вырастет в 66 раз и составит 5%, использование вторсырья вырастет более чем в 7 раз, но в итоге её доля составит лишь 1% – столько же, сколько у водорода, использование которого в энергетике будет делать первые шаги. Выработка ГЭС вырастет на 68% и составит 18% в общей структуре. Геотермальная и приливная энергия вырастут более чем в 6 раз, но в общей выработке составят лишь 0,15%. Биогаз и жидкое биотопливо

Рациональный технологический выбор предполагает, что можно добиваться снижения углеродоемкости экономики, не подвергая угрозе решение других важных социально-экономических задач

Рис. 1. Производство электроэнергии в России по видам топлива, сценарий РТВ



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(197) / 2024

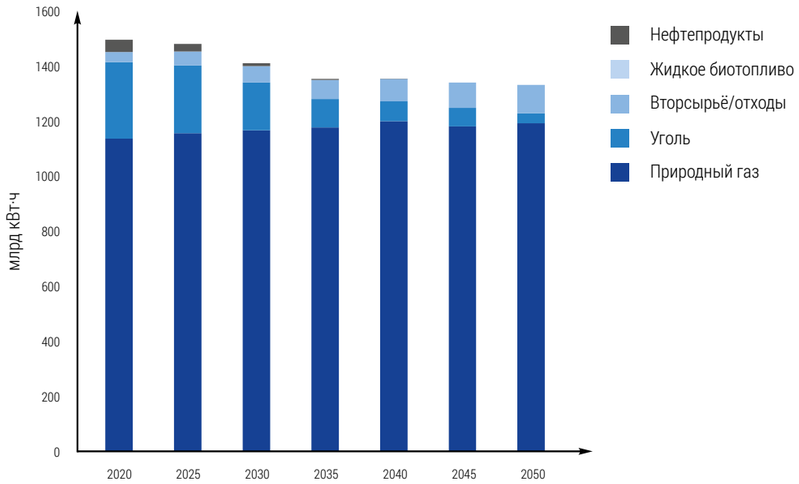


Рис. 2. Производство тепловой энергии в России по видам топлива, сценарий РТВ

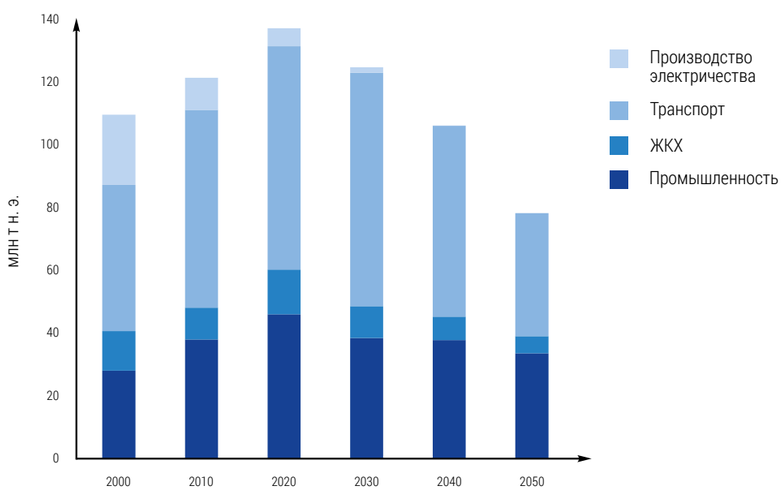


Рис. 3. Потребление жидких углеводородов в России, сценарий РТВ

по нашим оценкам заметной роли в выработке электроэнергии в этом сценарии играть не будут.

Что касается традиционных видов энергоресурсов, то использование природного газа сократится на 14%, при этом в балансе топлив для электростанций потребление газа обеспечит 25%. Потребление угля снизится на 30%, до 7,6%. Атомная генерация вырастет на 15% и обеспечит 13%-ю долю. Использование нефтепродуктов в выработке электроэнергии снизится до нуля.

Если рассматривать выработку тепловой энергии, то конкурентов у природного газа так и не появится – его доля вырастет с 76% в 2020 г. до 89,5% в 2050 г. Доля угля снизится с 18,6% в 2020 г. до 2,7% в 2050 г. При этом уголь в балансе энергоресурсов для выработки тепла окажется только на третьем месте, пропустив вперед вторсырье/отходы, которые нарастят свою долю с 2,5 до 7,8%. Больше никакие энергоресурсы значимой доли в выработке тепла иметь не будут – потребление нефтепродуктов снизится до нуля, а жидкое биотопливо так и останется у нулевой отметки.

Распределение первичных энергоресурсов по секторам экономики России по сценарию РТР выглядит следующим образом. Нефть укрепит свою роль как транспортное топливо: доля транспорта в потреблении жидких углеводородов вырастет с 42% в 2020 г. до 53% в 2050 г. Вторая важная роль нефти – сырье для промышленности (нефтехимии), эта доля вырастет – с 26% в 2020 г. до 46% в 2050 г. Остальное – в пределах погрешности.

Потребление газа по секторам более диверсифицировано. Главная роль газа сохраняется –выработка электроэнергии. Но доля общего потребления газа, приходящаяся на электрогенерацию, снизится с 61% в 2020 г. до 49% в 2050 г. Доля ЖКХ в потреблении газа также снизится с 16% в 2020 г. до 10% в 2050 г. При этом вырастет более чем в два раза доля промышленности в потреблении газа – с 14 до 33%.

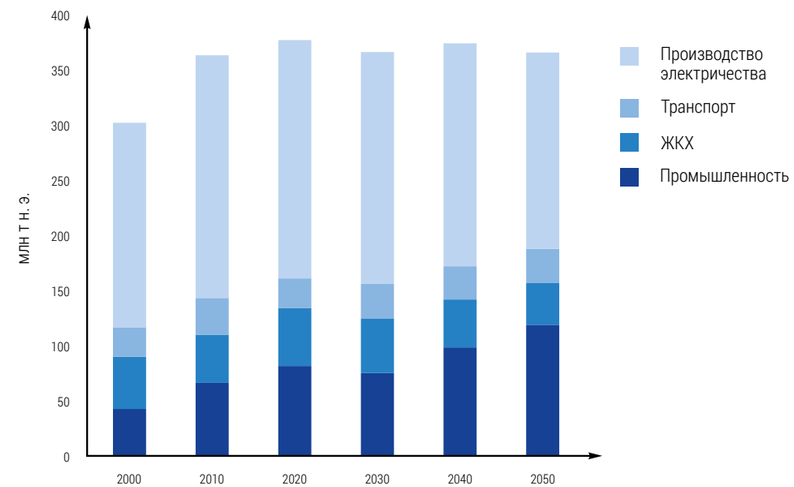


Рис. 4. Потребление газа в России сценарий РТВ

В сценарии РТВ в России бурное развитие технологий, связанных с производством и потреблением биотоплива (твердого, жидкого и газообразного) соответствует общемировым тенденциям, но это развитие началось практически с нулевой базы и до сих пор ощутимого присутствия биотоплива в энергобалансе не просматривается – даже на горизонте 2050 г. Рис. 5 показывает, что биотопливо будет использоваться в производстве электричества, на транспорте, в ЖКХ и в промышленности – в соотношении 63%, 12%, 19% и 6% соответственно, но сами эти отрасли заметного влияния биоэнергетики пока не ожидают.

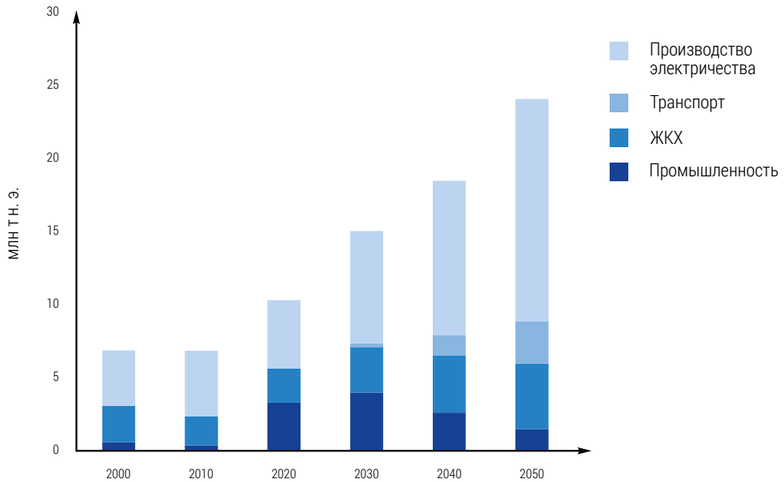


Рис. 5. Потребление биотоплива в России, сценарий РТВ

Рациональный выбор

О чем говорят вышеприведенные цифры, в чем тут рациональный выбор? За каждой цифрой стоят предполагаемые темпы развития технологий, которые уже показали свою перспективную конкурентоспособность. Завтра всё может измениться. Биотопливо, которое пока перспективно лишь на уровне статистической погрешности, может оказаться спасительной технологией.

Один пример. ExxonMobil несколько лет назад продвигала революционную идею производства биотоплива третьего поколения – выращивания в пустынных прибрежных регионах сине-зеленых водорослей в бассейнах, наполненных морской водой. При минимальном расходовании дефицитных ресурсов из этих водорослей можно было получить биометанол – автомобильное топливо, способное произвести революцию на нефтяном рынке. Эта блестящая идея, как впоследствии выяснилось, в воплощении нефтяной компании оказалась примером гринвошинга – попыткой представить лабораторные исследования в качестве перспективного направления инвестирования, а свою деятельность более экологически ответственной, чем она на деле являлась. Фактически данная технология оказалась весьма далекой от коммерческой реализации, но это не значит, что в дальнейшем подобные технологические прорывы не будут возможны и не произведут «зеленый» переворот в энергобалансе стран и регионов. Просто пока об этом говорить рано.

В сценарии РТВ мировая потребность в водороде повышается к 2050 г. до 200 млн т, а использование газа для его производства превысит к концу прогнозного периода 370 млрд м^3

Но вернемся к нашему рациональному технологическому выбору. Лидером в мировом потреблении первичных топливно-энергетических ресурсов в 2050 г. в сценарии РТВ становится природный газ – 24% совокупного потребления. Свой вклад в этом сценарии вносит применение газа в качестве сырья для производства «голубого» водорода – в этом случае получаемый углекислый газ улавливается и подвергается геологическому захоронению в недрах (технология CCS).

В данном сценарии мировая потребность в водороде повышается к 2050 г. до более чем 200 млн т, а использование природного газа для его производства многократно растёт, превышая к концу прогнозного периода 300 млн т н. э. – почти 370 млрд м^3, хотя доля природного газа в выработке водорода и снижается в этом сценарии с более чем 90% в настоящее время до 48% в 2050 г.

Рост потребления водорода является характерной чертой сценариев энергоперехода. Замещая ископаемые углеводородные энергоресурсы в промышленности, электроэнергетике и на транспорте, водород позволяет сократить до нуля выбросы CO_2 в данных производственных процессах (от топливных ячеек для транспорта до прямого восстановления железа в промышленности). Однако, являясь вторичным ТЭР, водород и более дорог, по сравнению с замещаемыми первичными ТЭР. Более того, необходимо обеспечить отсутствие выбросов CO_2 при производстве водорода, что сужает «палитру» используемого водорода до «голубого» и «зелёного» (произведенного электролизом воды с использованием возобновляемых источников энергии).

В сценарии РТВ потребление водорода растёт наиболее значимо в промышленности (на неё приходится 41% прироста потребления водорода с 2022 г. по 2050 г. в данном сценарии). В целом потребление водорода достигает в сценарии РТВ более 200 млн т к 2050 г.

Наибольшую роль в мировом потреблении водорода в сценарии РТВ играют США и Канада (33%), Китай (14%) и прочая Азия (21%). На эти три макрорегиона приходится более двух третей потребления водорода в 2050 г.

Региональная динамика потребления природного газа также заметно различается. В сценарии РТВ потребление природного газа наиболее быстро растёт в Китае (+122% с 2022 г. по 2050 г.), Индии (+347%), Субсахарской Африке (+116%) и прочей Азии (+59%). Совокупная доля Азии в потреблении газа растёт с 25% в 2022 г. до 37% в 2050 г. На Ближнем, Среднем Востоке и в Северной Африке потребление газа растёт немного быстрее, чем в мире в целом (+38%), и доля этого региона немного повышается (с 19 до 20%). В ЕС и Великобритании потребление газа в данном сценарии растёт всего на 9%, и доля данного региона снижается с 12 до 10%. При снижении потребления газа на 15%, США и Канада остаются важным центром потребления газа (хотя доля данного региона и снижается с 22 до 14%).

Для России рациональный технологический выбор тоже связан с потреблением газа. Это говорит о том, что упор должен быть сделан на использовании природного газа не только в качестве энергоносителя, но и сырья для производства продукции более высоких переделов. Кроме того, будут развиваться технологии когенерации, в том числа малой и распределенной, что для масштабов нашей страны может представлять перспективное направление технологического развития при рациональном использовании ресурсов.

География диктует рациональный выбор и в других технологиях использования газа, например, газификация удаленных регионов, предполагающая развитие распределенной генерации с использованием контейнерных поставок сжиженного природного газа. Это технология широко используется, в частности, в Китае, но для России она представляет собой весьма перспективное направление технологического развития, как и использование метана на транспорте, в компримированном или сжиженном виде. Малые установки по производству СПГ работают и внедряются во всем мире, особенно в Китае, США и Европе. Для России данные технологические направления использования природ-

КАМАЗ-65208, работающий на водороде
Источник: avtospravochnaya.com

ного газа можно считать вполне перспективными и рациональными.

Что с выбросами?

Трансформация мировой энергетики позволяет переломить тенденцию роста выбросов CO_2 от использования ТЭР (включая утечки метана при добыче углеводородного сырья). По сравнению с ростом на 25% в сценарии ВКВ, выбросы снижаются с 2022 г. по 2050 г. на 34% в сценарии РТВ и на 74% в сценарии ЧН (рис. 3). В 2050 г. в сценарии РТВ на электроэнергетику приходится 41% выбросов, связанных с потреблением и производством ТЭР, на промышленность – 30%, на транспорт – 18%, а на ЖКХ – 12%.

Трансформация мирового ТЭК по сценарию «чистый ноль» с высокой степенью вероятности позволяет остаться в рамках углеродного бюджета для экономики в целом. Суммарные выбросы от энергетики за 2015–2050 гг. остаются в пределах 800 млрд т CO_2, что при хоть сколько-нибудь успешном росте поглощающей способности экосистем вполне укладывается в определённый МГЭИК для этого периода углеродный бюджет в 700–800 млрд т CO_2-экв и предотвращает повышение среднемировой температуры более чем на 1,5 °С. Однако данный сценарий оказывается гораздо более капиталоёмким, по сравнению со сценарием РТВ, и, на наш взгляд, чрезвычайно труднореализуемым при отсутствии масштабной финансовой помощи развивающемуся миру. По нашим оценкам, сценарий ЧН в целом выглядит «неподъёмным» для мировой экономики. Масштабы требующихся уже в ближайшее время (и на многие годы вперёд) инвестиций в низкоуглеродные технологии превышают 5–6% мирового ВВП (в полтора раза больше, чем в сценарии РТВ), что авторитетные исследователи энергоперехода находят маловероятным.

Возможным компромиссом может стать энергопереход по сценарию РТВ, в котором суммарные выбросы от использования ТЭР за указанный период превышают 1 трлн т CO_2 и не дают вписаться в определённый МГЭИК углеродный бюджет, позволяющий ограничить повышение среднемировой температуры менее чем 2 °С. Это требует более интенсивного роста поглощающей способности за пределами топливно-энергетического комплекса (для

Балаковская АЭС
Источник: «Росэнергоатом»

достижения к 2050 г. поглощения примерно на уровне 12 млрд т CO_2 в год).

При этом важную роль может сыграть не только увеличение поглощающей способности экосистем, на что делается ставка в развивающемся мире, и, в частности, в российской стратегии низкоуглеродного развития, но и наращивание систем прямого улавливания CO_2 из воздуха (DACCS) в развитом мире.

Преимуществом DACCS над обычной системой улавливания и захоронения CO_2 (CCS) является не только возможность расположить системы улавливания вблизи имеющихся мест захоронения CO_2, но и то, что при таком подходе снижается потребность развивающихся стран в финансовой помощи для реализации климатических проектов. Развитые страны смогут вносить больший вклад в снижение концентрации углекислого газа в атмосфере, осуществляя масштабные проекты по прямому улавливанию CO_2 из атмосферы прямо на своей территории.

Аналогичным образом могли бы быть масштабированы представляющиеся весьма перспективными проекты по извлечению CO_2 из океанской воды, что позволит повысить поглощающую способность Мирового океана. Созданные опытно-промышленные установки последнего типа (проект EquaticTM 20) предполагают стоимость поглощения 1 т CO_2 менее 100 долл. Учитывая, что на Мировой океан приходится около одной трети естественного поглощения CO_2, развитие данного направления может стать весьма важным и конкурентоспособным компонентом глобальной стратегии декарбонизации.

Что делать России?

Наши расчёты в рамках сценария РТВ показывают, что Россия может добиться даже более амбициозных целей в декарбонизации энергетики, чем обозначено в Стратегии низкоуглеродного развития. При этом декарбонизация по пути, предложенному в данном сценарии, по нашему мнению, оказывается вполне допустимой с точки зрения финансовых ограничений. Более того, непрерывное развитие технологий зачастую превышает ожидания и может позволить даже ускорить темпы декарбонизации российской энергетики или, по крайней мере, сделать её ещё более доступной даже при сохранении более высокой энергоёмкости экономики России, по сравнению с среднемировым показателем энергоэффективности.

Сценарий «Рациональный технологический выбор» может рассматриваться для российской экономики и энергетики по двум направлениям. Во-первых, изменения мирового спроса не могут не сказаться на России как крупнейшем поставщике энергоресурсов. Соответственно, российский ТЭК должен иметь необходимую степень технологической гибкости для быстрой и эффективной адаптации к этим изменениям. Во-вторых, Россия как крупный производитель и потребитель традиционных энергоресурсов должна иметь собственные представления о национальной специфике рационального технологического выбора с учетом географических, климатических и социальных особенностей. Таким образом, сценарий РТВ может давать основания для разработки мер экономической политики в отраслях ТЭК России.

Прирост мирового потребления природного газа на четверть к 2050 г. в сценарии РТВ создает возможность для России монетизировать свои обширные запасы природного газа. Как крупный производитель Россия обладает компетенциями в добыче и создании газотранспортных систем. Однако изменение структуры спроса на природный газ в мире создает новые вызовы.

Смещение спроса в сторону развивающихся стран, которые характеризуются меньшей покупательной способностью, большими расстояниями поставки, а также большей дробностью спроса (за исключением рынков Китая и Индии) создает требования по увеличению гибкости при продажах российского сырья и адаптации к меньшим ценам реализации. Для этого необходимо диверсифицировать и увеличивать структуру добычи природного газа в России, в том числе задействовать в большей мере более дешевые ресурсы. Например, попутный нефтяной газ у части нефтяных компаний имеет меньшую себестоимость. Малые месторождения в регионах с хорошей инфраструктурой могут оказаться более подходящими для некоторых поставок. Еще одним ресурсом может служить высвободившиеся объемы добычи при повышении эффективности использования газа внутри страны. Это же касается и ресурсов, которые ранее направлялись в Европу.

Одним из вариантов повышения конкурентоспособности при поставках на экспорт в развивающиеся страны, особенно в страны Глобального Юга, где газ востребован для производства электроэнергии, а не отопления, может быть комплексное предложение поставки как самого природного газа, так и технологий для его хранения и использования. Это дополнительный аргумент для развития собственных газовых турбин различной мощности.

В самой России остро необходимо массовое внедрение энергоэффективных решений как в части потребления энергоресурсов, так и в части генерации энергии: увеличение доли ТЭЦ и доли газотурбинных и парогазовых энергоблоков, активная модернизация коммунальной энергетики и энергозатратных процессов в ЖКХ и многое другое.

Рациональный технологический выбор российской энергетике необходимо делать в режиме реального времени независимо от требований декарбонизации экономики. Но хорошо, что эти векторы совпадают по направлению, а усилия по развитию технологий приведут к успехам в борьбе с изменением климата.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №6(197) / 2024

УДК 621.311.1, 332.27 DOI 10.46920/2409-5516_2024_6197_84 EDN: KAIDJH

Особенности формирования отвода земель для размещения электрических сетей различного напряжения

Features of the formation of land allotment for the placement of electrical networks of various voltages

Ильдар МУХАРЯМОВ
Аспирант ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»
E-mail: immukharyamov@gmail.com

Ildar MUKHARYAMOV
Postgraduate student of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «State University of Land Management»
E-mail: immukharyamov@gmail.com

ЛЭП в промзоне

Источник: wastesoul / depositphotos.com

Аннотация. В статье изложены особенности юридического статуса земель для размещения электрических сетей. Актуальность данной темы объясняется постоянным расширением электрических сетей. На данный момент существуют противоречия законодательства и норм отвода. В статье представлены предложения по оптимизации и рациональному использованию земель при размещении электрических сетей различного напряжения.
Ключевые слова: нормы отвода, электрические сети, линии электропередач, публичный сервитут, охранная зона.

Abstract. The article describes the features of the legal status of lands for the placement of electric networks. The relevance of this topic is explained by the constant expansion of electrical networks. At the moment, there are contradictions between the legislation and the norms of recusal. The article presents proposals for the optimization and rational use of land in the placement of electric networks of various voltages.
Keywords: allotment norms, electricity of the net, power lines, public easement, secured territory.

Для принятия проектных решений используются нормативы, которые в подавляющем большинстве были разработаны и утверждены еще в СССР

Земля под ЛЭП лесного фонда
Источник: Megaloman1ac / depositphotos.com

Введение

Земля является важнейшим, основополагающим ресурсом для развития всех отраслей, который требует особых условий содержания и развития. Поэтому в условиях развития энергетического комплекса одной из актуальных и сложных проблем становится оформление прав на объекты энергетики. В современных реалиях рыночной экономики при оформлении прав на земельные участки, как на период строительства, так и на период эксплуатации объектов энергетики, важно учитывать интересы землепользователей и энергетических компаний, опираться на многовековой опыт землеустроительной службы и науки, развивать институты и организации, регулирующие вопросы землепользования [14].

Действующие нормы отвода земель

Правила отвода земель под объекты энергетики регламентируются множеством нормативно-правовых актов, такими как:

1. Правилами определения размеров земельных участков для размещения воздушных линий электропередачи и опор линий связи, обслуживающих электрические сети утвержденных постановлением правительства РФ от 11 августа 2003 г. № 486.

2. Ведомственными нормами отвода № 14278тм-т1 от 01.06.1994 г. «Нормы отвода земель для электрических сетей напряжением 0,38–750 кВ».
3. Постановлением правительства № 160 от 24 февраля 2009 г. регламентирован порядок установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон.

Приказом министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 434 от 10.07.2020 г. «Об утверждении Правил использования лесов для строительства, реконструкции, эксплуатации линейных объектов и Перечня случаев использования лесов для строительства, реконструкции, эксплуатации линейных объектов без предоставления лесного участка, с установлением или без установления сервитута, публичного сервитута».

Действующие нормы отвода в современных условиях земельно-имущественных отношений не всегда соответствуют рациональному использованию земель, а в чем-то и прямо противоречат действующему земельному законодательству.

Охранные зоны объектов электросетевого хозяйства образуют зоны с особыми условиями использования территории, которые также ограничивают землепользование.

Действующими нормами предусмотрен отвод земель на период строительства, реконструкции, технического перевооружения и ремонта воздушных линий электропередачи и постоянный отвод (для размещения опор).

Нормы отвода в современных условиях земельно-имущественных отношений не всегда соответствуют рациональному использованию земель, а иногда и противоречат действующему законодательству

Прибрежная ЛЭП
Источник: pen9397 / depositphotos.com

Минимальный размер земельного участка для установки опоры воздушной линии электропередачи напряжением до 10 кВ включительно (опоры линии связи, обслуживающей электрическую сеть) определяется как площадь контура, равного поперечному сечению опоры на уровне поверхности земли.

Минимальный размер земельного участка для установки опоры воздушной линии электропередачи напряжением свыше 10 кВ определяется как:

– площадь контура, отстоящего на 1 метр от контура проекции опоры на поверхность земли (для опор на оттяжках – включая оттяжки), для земельных участков, граничащих с земельными участками всех категорий земель, кроме предназначенных для установки опор с ригелями глубиной заложения не более 0,8 метра земельных участков, граничащих с земельными участками сельскохозяйственного назначения;
– площадь контура, отстоящего на 1,5 метра от контура проекции опоры на поверхность земли (для опор на оттяжках – включая оттяжки), для предназначенных под установки опор с ригелями глубиной заложения не более 0,8 метра земельных участков, граничащих с земельными участками сельскохозяйственного назначения.

Минимальные размеры обособленных земельных участков для установки опоры воздушной линии электропередачи напряжением 330 кВ и выше, в конструкции которой используются закрепляемые в земле стойки (оттяжки), определяются как площади контуров, отстоящих на 1 метр от внешних контуров каждой стойки (оттяжки) на уровне поверхности земли для земельных участков, граничащих с земельными участками всех категорий земель (кроме земель сельскохозяйственного назначения), и на 1,5 метра – для земельных участков, граничащих с земельными участками сельскохозяйственного назначения.

Земельные участки (части земельных участков), используемые хозяйствующими субъектами в период строительства, реконструкции, технического перевооружения и ремонта воздушных линий электропередачи, представляют собой полосу земли по всей длине воздушной линии электропередачи, ширина которой превышает расстояние между осями крайних фаз на 2 метра с каждой стороны.

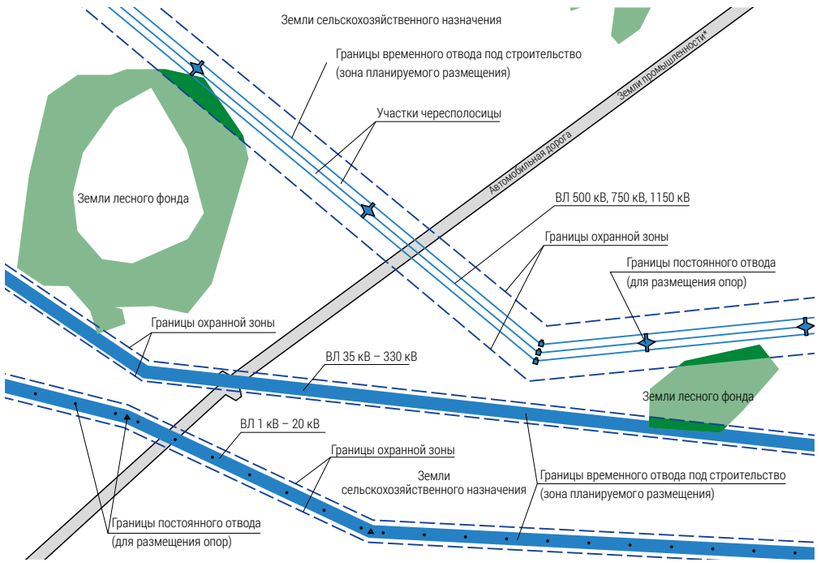
Земельные участки, используемые хозяйствующими субъектами при производстве указанных работ в отношении воздушных линий электропередачи напряжением 500, 750 и 1150 кВ с горизонтальным расположением фаз, представляют собой отдельные полосы земли шириной 5 метров для каждой фазы.

Конкретные размеры земельных участков для осуществления указанных работ определяются в соответствии с проектной документацией с учетом принятой технологией производства монтажных работ, условий и методов строительства. [4].

Отдельно хотелось бы отметить отвод земель из лесного фонда. В соответствии с приказом министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 434 от 10.07.2020 г. п. 8 пп. «а» указывается, что ширина просеки для линий электропередачи определяется в соответствии с требованиями и размерами охранных зон воздушных линий электропередачи, предусмотренными правилами установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 февраля 2009 г. № 160 [5].

На рис. 1 (вариант 1) схематично представлены примерные границы отвода для линий разного напряжения в соответствии с вышеуказанными нормативно-

Рис. 1. Схема границ отвода для линий электропередачи разного напряжения (вариант 1)



* – земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения

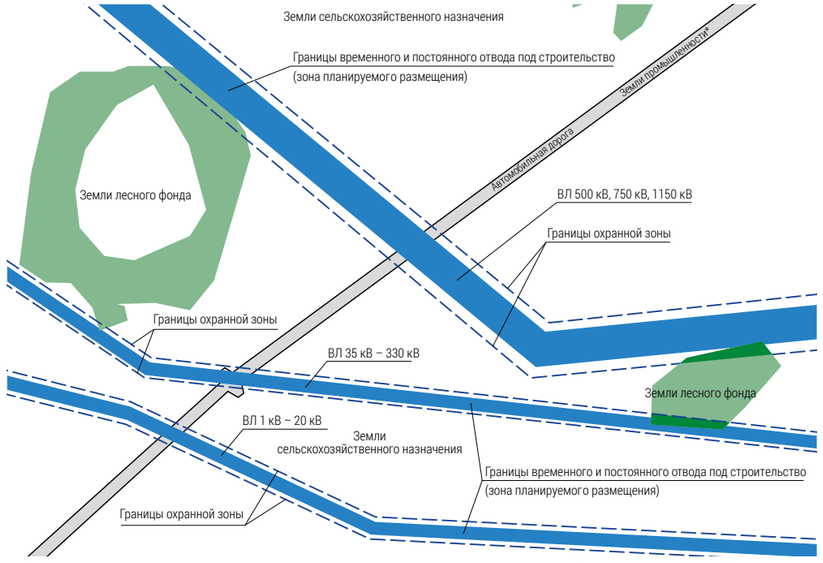


Рис. 2. Схема границ отвода для линий электропередачи разного напряжения (вариант 2)

правовыми актами для разных категорий земель, а также границы устанавливаемых охранных зон, принятые на практике в настоящее время.

Нерациональное использование земель при формировании землеотвода

Как видно на выше представленной схеме в отношении воздушных линий электропередачи напряжением 500, 750 и 1150 кВ с горизонтальным расположением фаз, границы отвода представляют собой отдельные полосы земли шириной 5 метров для каждой фазы, что образует чересполосицу и невозможность использования данных участков земли землепользователями в период строительства. При этом данные участки не учитываются в расчетах при компенсации убытков и упущенной выгоды. Так же видно, что границы отвода на период строительства значительно уже границ устанавливаемой охранной зоны.

Чересполосица, вкрапливание, дальноземелье – недостатки таких земельных участков, при которых рациональное использование земель невозможно из-за отсутствия прохода и проезда к таким участкам. Кроме того, из-за отсутствия продуманной системы разрешительной деятельности в текущем законодательстве эти земли не могут использоваться полноценно [15].

Для принятия и обоснования конкретных проектных решений используются нормативы и критерии, установленные нормативными актами Российской Федерации. При этом в подавляющем большинстве эти правила были разработаны и утверждены еще в Советском Союзе [14].

Изменение указанных нормативов позволит разрабатывать проекты границ полосы отвода с учетом более рационального использования земель в том числе как экономического ресурса.

Оформление земельно-имущественных отношений для размещения линий электропередачи

Линии электропередач являются линейными объектами. В соответствии с земельным кодексом (ст. 11.3. п. 3) «образование земельных участков для строительства, реконструкции данных объектов осуществляется на основании проекта межевания территории, за исключением линейных объектов, для строительства, реконструкции которых не требуется подготовка документации по планировке территории» [1].

Понятие линейные объекты введено Градостроительным кодексом в 2016 г. и обобщает в себе такие объекты как: линии электропередачи, линии связи (в том числе линейно-кабельные сооружения), трубопроводы, автомобильные дороги, железнодорожные линии и другие подобные сооружения [3].

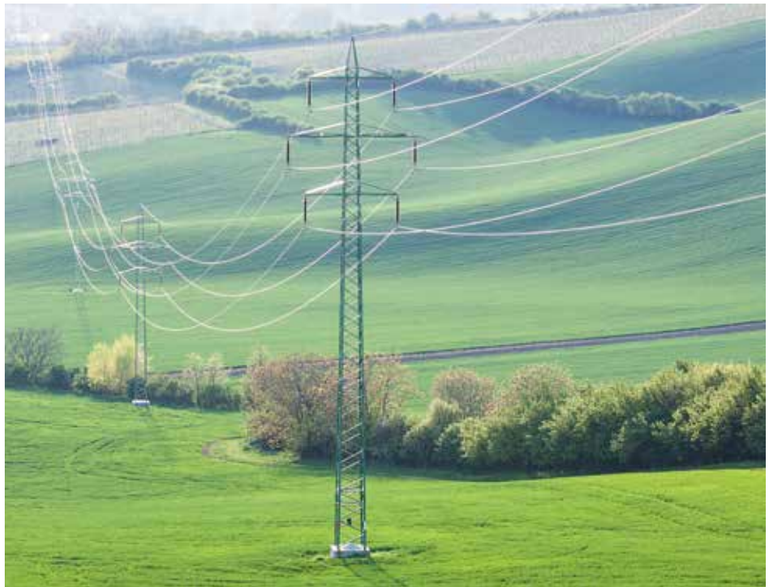
Проект межевания территории разрабатывается в составе документации по планировке территории, включающей в себя помимо проекта межевания территории еще и проект планировки. Данный документ является основой для оформления земельно-правовых отношений.

Проектом планировки территории устанавливаются границы зон размещения линейного объекта. Данная зона по факту и является границей временного отвода для размещения объекта.

Также на линии электропередачи устанавливаются охранные зоны, являющиеся зонами с особыми условиями использования территории в соответствии с Постановлением правительства № 160 от 24 февраля 2009 г. Данные зоны устанавливают ограничение землепользования [5].

В связи с вступлением в силу с 01.09.2018 г. ФЗ № 341 от 03.08.2018 г. «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части упрощения размещения линейных объектов» законодательно закреплена возможность установления публичного сервитута для размещения объектов электросетевого хозяйства.

ЛЭП на землях с/с назначения
Источник: khoroshkov / depositphotos.com



Стоимость за публичный сервитут составляет 0,01 % от кадастровой стоимости за каждый год использования этой территории, что существенно ниже стоимости аренды земельных участков

Данные изменения сильно упростили и ускорили процесс оформления земельно-имущественных отношений, получения разрешения на строительство.

В соответствии с п. 1 ст. 39.45 Земельного кодекса срок установления сервитута для размещения линейных объектов составляет от 10 до 49 лет, что превышает срок строительства объектов, при этом оплата за установление публичного сервитута в отношении земельных участков государственной или муниципальной собственности и необремененных правами третьих лиц вноситься единовременным платежом и в случае досрочного прекращения не подлежит возврату.

Учитывая п. 1.1 ст. 39.20 участки, находящиеся в государственной или муниципальной собственности, не предоставляются в собственность или в аренду собственникам и иным правообладателям сооружений, которые могут размещаться на таких земельных участках на основании сервитута, публичного сервитута. В соответствии с данной нормой законодательства, оформление земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности на период эксплуатации, возможно только на правах, публичного сервитута.

В соответствии с п. 9 ст. 39.50 обладатель публичного сервитута обязан снести объекты, размещенные им на основании публичного сервитута, и осуществить при необходимости рекультивацию земель-

ного участка в срок не позднее чем шесть месяцев с момента прекращения публичного сервитута, либо продлить действие публичного сервитута. При этом внесение изменений в границы публичного сервитута в соответствии с п. 6 ст. 39.50 возможно только при реконструкции или капитальном ремонте объекта.

Оформление публичного сервитута снижает риски прекращения действия разрешения на строительство на основании решений уполномоченных органов, согласно пп. 3, п. 21.1 ст. 51 Градостроительного кодекса РФ. Это особенно актуально при наличии физических и юридических лиц как собственников земельных участков. Стоимость за публичный сервитут составляет 0,01% от кадастровой стоимости за каждый год использования, что существенно ниже стоимости аренды земельных участков [1].

На рис. 2 (вариант 2) схематично представлены примерные границы отвода для линий разного напряжения в соответствии с нашими вышеописанными предложениями.

Рассмотрим вопрос установления публичного сервитута и формирования его границ для эксплуатации существующих линий электропередачи. Юридические лица – собственники сооружений или объектов, размещенных на земельном участке на основании публичного сервитута, могут переоформить право постоянного (бессрочного) пользования земельным

Подстанция
Источник: mr_Brightside / depositphotos.com

участком, право аренды земельного участка на публичный сервитут при условии, что оно возникло до 1 сентября 2018 г. При этом вышеперечисленные права прекращаются на основании решения об установлении публичного сервитута.

Для сооружений у которых отсутствуют права на земельный участок, но у которых оформлено право собственности, право хозяйственного ведения или право оперативного управления на сооружения

до 1 сентября 2018 г. вправе оформить публичный сервитут [2].

Плата за публичный сервитут, устанавливаемый в вышеуказанных случаях, не начисляется для земельных участков, находящихся в частной собственности. Данная норма не применяется для объектов с зарегистрированными правами с 1 сентября 2018 г.

Для установления публичного сервитута на период эксплуатации сложилась практика по формированию границ публичного сервитута в границах охранной зоны сооружения. Установление публичного сервитута в границах охранной зоны объекта электросетевого хозяйства обусловлено необходимостью обеспечения стабильного землепользования в целях эксплуатации сооружения, т. к. земельные участки, сформированные под опорами ВЛ, не позволяют получить доступ к ней по всей ее протяженности, например, в случае проведения плановых ремонтных или аварийно-восстановительных работ.

Практическая польза

Формирование границ отвода и публичного сервитута по границам охранной зоны исключает возникновение чересполосицы, негативно влияющей на использование участка землепользователем.

Упрощает вынос границ отвода за счет сокращения количества поворотных точек и отсутствия внутренних вырезов в виде чересполосных участков.

Неизменность границ, как на период строительства, так и на период последующей эксплуатации исключают необходимость дополнительного оформления прав.

Оформление прав на весь участок, обремененный охранной зоной объекта и ограничивающее землепользование, исключает нарушение прав землевладельцев.

Оформление публичного сервитута экономически более выгодно т. к. ставки на него ниже.

Заключение

В соответствии с вышеизложенным целесообразно установление границ публичного сервитута по границам охранной зоны как на период строительства с продлением в существующих границах на период эксплуатации, так и непосредственно на период эксплуатации для уже существующих объектов. Установление границ публичного сервитута исключает возникновение чересполосицы, наличие неоформленных земель с ограничением землепользования, снижает риски прекращения действия разрешения на строительство, исключает возможность приостановки этапов строительства в связи с неоформленными правами, а также экономически более выгодно, т. к. стоимость за публичный сервитут, существенно ниже стоимости аренды земельных участков.

Использованные источники

1. *Земельный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ: принят Государственной Думой 28 сентября 2001 г. // Собрание законодательства РФ. 29.10.2001. № 44, ст. 4147.*
2. *О введении в действие Земельного кодекса Российской Федерации: Федеральный закон от 25.10.2001 г. № 137-ФЗ (ред. от 14.02.2024) «О введении в действие Земельного кодекса Российской Федерации»: Принят Государственной Думой 28 сентября 2001 года // Собрание законодательства Российской Федерации от 29 октября 2001 г. № 44, ст. 4148.*
3. *Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ: принят Государственной Думой 22 декабря 2004 г. // Собрание законодательства РФ. 03.01.2005. № 1 (часть I), ст. 16.*
4. *Постановление Правительства РФ от 11 августа 2003 г. № 486 «Об утверждении Правил определения размеров земельных участков для размещения воздушных линий электропередачи и опор линий связи, обслуживающих электрические сети» // Собрании законодательства Российской Федерации от 18 августа 2003 г. № 33, ст. 3276, в «Российской газете» от 22 августа 2003 г. № 166.*
5. *Постановление Правительства РФ от 24 февраля 2009 г. № 160. О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон. // Собрание законодательства Российской Федерации. 09.03.2009. № 10, ст. 1220.*
6. *Приказ Минприроды России (Министерства природных ресурсов и экологии РФ) от 10 июля 2020 г. № 434. Об утверждении Правил использования лесов для строительства, реконструкции, эксплуатации линейных объектов и Перечня случаев использования лесов для строительства, реконструкции, эксплуатации линейных объектов без предоставления лесного участка, с установлением или без установления сервитута, публичного сервитута. // Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 27.11.2020, № 0001202011270025.*
7. *Приказ Минэнерго России. Нормы отвода земель для электрических сетей напряжением 0,38–750 кВ № 14278тм-т1. // Минтопэнерго России. – М.: «Энергосетьпроект», 1993.*
8. *Землеустроительное проектирование. Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений. В 2-х т. Том 1. // С. Н. Волков. – М.: ГУЗ, 2020. – 540 с. ISBN 978-5-9215-0481-3 (т. 1).*
9. *Землеустроительное проектирование. Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений. В 2-х т. Том 2. // С. Н. Волков. – М.: ГУЗ, 2020. – 560 с. ISBN 978-5-9215-0481-7 (т. 2).*
10. *Гуреева Т. П., Папаскири Т. В. Обоснование социальной эффективности размещения объектов энергетики в районе Большого Сочи. // Инновационные технологии управления социально-экономическими системами: сборник материалов международной научной конференции, Волгоград, 20–22 мая 2013 г.*
11. *Пестряков А. Н., Муратова В. М. Вопросы землеустройства при строительстве объектов энергетики // Актуальные направления научных исследований: перспективы развития. 2017. С. 322–328.*
12. *Саенко Ю. В. Проблемы определения понятий «чересполосица», «вклинивание», «вкрапливание», «изломанность границ». // URL: https://zakon.ru/blog/2023/5/4/problemy_opredeleniya_ponyatij_cherespolosica_vklinivanie_vkraplivanie_izlomannost_granic_99780#_ftn1*
13. *Папаскири Т. В. Автоматизация землеустроительного проектирования и землеустройства (эффективность и организация) // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2014. № 5(113). С. 65–74.*
14. *Папаскири Т. В. Аспекты цифрового землеустройства // Землеустройство, геодезия и кадастр: прошлое – настоящее – будущее: Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию землеустроительного факультета, Горки, 25–27 сентября 2019 г. / Редколлегия: А. В. Колмыков (гл. ред.) [и др.]. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. С. 101–122.*
15. *Федеральный закон «О землеустройстве»: Проект / С. Н. Волков, В. Н. Хлыстун, Н. В. Комов [и др.]. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Государственный университет по землеустройству, 2020. – 144 с.*

РЭА
МИНЭНЕРГО РОССИИ

ВАЛИДАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

КОМУ ОКАЗЫВАЮТСЯ УСЛУГИ

1. Организациям ТЭК с выбросами парниковых газов более 150 тыс. т CO_2-экв.
2. Предприятиям ТЭК, реализующим климатические проекты.

РЕЗУЛЬТАТ

Заключение и отчет о рассмотрении заявлений о выбросах парниковых газов (подготовленные в установленном законодательством порядке).

Телефон:
+7(495) 789-92-92

E-mail:
info@rosenergo.gov.ru

Адрес (юридический):
127083, г. Москва, ул. 8 Марта, д. 12

Адрес места осуществления деятельности:
140014, Московская область, г. Люберцы, ул. Электрификации, д. 26 (кабинет 51)

Реклама 12+

РЭН 2024

РОСКОНГРЕСС
Пространство доверия

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ

26-28 сентября ЦВЗ «Манеж», Манежная пл., д.1

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

РОССИЙСКАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ НЕДЕЛЯ

НОВЫЙ ФОРМАТ

ВЫСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ТЭК
Гостиный двор, ул.Ильинка, д.4

www.rusenergyweek.com

Реклама 6+

МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА-
ФОРУМ

РОССИЯ

ЭНЕРГИЯ
ЖИЗНИ

МОСКВА, ВДНХ
04.11.2023 – 08.07.2024
RUSSIA.RU

Реклама 6+

ISSN 2409-5516

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

РГАСНТИ 44.09.29

БОЛЬШЕ ИНТЕРЕСНЫХ
НОВОСТЕЙ И АНАЛИТИКИ
В НАШЕМ ТЕЛЕГРАМ-КАНАЛЕ

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77–75080 от 07.03.2019. Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК

16+ РЕКЛАМА

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Оформить подписку на журнал «Энергетическая политика» на 2024 год можно через филиалы агентства «Урал-пресс», либо в ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. По вопросам подписки звонить по телефону +7-910-463-53-57. Стоимость подписки на полугодие (6 номеров) составит 13 200 рублей.
В каждом номере – аналитические обзоры, авторские колонки, материалы научного и научно-прикладного характера. Будь в курсе основных направлений развития ТЭК!

energypolicy.ru

НАШИ ПАРТНЕРЫ

СУЭК Сибирская угольная энергетическая компания
Газпром нефть Стремимся к большему!
Акционерное общество Зарубежнефть
Транснефть
Благотворительный фонд Tatneft
Россети

Источник фото на обложке:
TTstudio / depositphotos.com

ISSN 2409-5516