РГАСНТИ 44.09.29

ISSN 2409-5516

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№2(180), февраль 2023

Тема номера

АНАЛИЗ МИРОВЫХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ РОССИИ И РЕГИОНОВ

Содержание

3 **Слово редакторов**

От первого лица

4 **А. Новак.** Российский ТЭК 2022: вызовы, итоги и перспективы

Атом

12 **В. Ильгисонис.** Термоядерные исследования как существенная составляющая технологической платформы энергетической безопасности

Энергопереход

32 **В. Стенников.** Устойчивое развитие энергетики: тенденции и вызовы

40 **В. Абрамов, А. Путилов, Е. Шамаева.** Формирование механизмов управления устойчивым развитием экономики промышленных отраслей и комплексов

Газ

54 **А. Конопляник.** Футуризм и коридоры возможностей для российского ТЭК в условиях создания единого евроазиатского энергетического пространства

Регионы

70 **Б. Санеев, Г. Лачков.** Особенности газификации азиатских регионов России

78 **Г. Халова, Н. Иллерицкий.** Энергетическая геополитика и трансформация ШОС: от Центральной Азии к Евразии и многополярному миру

86 **Р. Скоков, М. Гузенко.** Сахалинский эксперимент достижения углеродной нейтральности

Contents

3 **Editor's Column**

In the first person

4 **A. Novak.** Russian Fuel and Energy Complex 2022: Challenges, Outcomes and Prospects

Nuclear energy

12 **V. Ilgisonis.** Fusion research as an essential component of the technological platform of energy security

Energy transition

32 **V. Stennikov.** Sustainable energy development: trends and challenges

40 **V. Abramov, A. Putilov, E. Shamaeva.** Formation of mechanisms for managing the sustainable development of the economy of industrial sectors and complexes

Gas

54 **A. Konoplyanik.** Futurism and corridors of opportunities for russian fuel and energy complex within formation of a common eurasian energy space

Region

70 **B. Saneev, G. Lachkov.** Features of gasification of Asian regions of Russia

78 **G. Khalova, N. Illeritsky.** Energy geopolitics and the transformation of the Shanghai Cooperation Organization: from Central Asia to Eurasia and the multipolar world

86 **R. Skokov, M. Guzenko.** Sakhalin experiment to achieve carbon neutrality

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 – к. ф.-м. н., зам. ген. директора ФГБУ «РЭА» Минэнерго России
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., помощник руководителя администрации президента РФ

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:
129085, г. Москва, проспект Мира, д.105, стр. 1
+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: 05.02.2023

16+

ГАЗПРОМБАНК

Лучшее создается вместе

Весь спектр банковских услуг

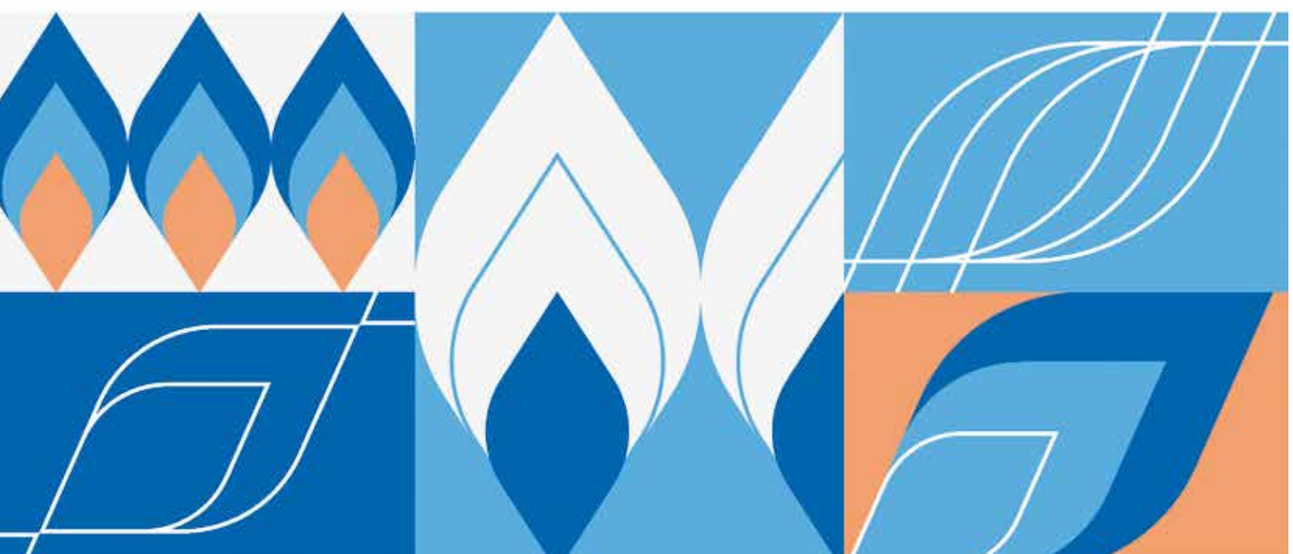
карты вклады счета кредиты

услуги для юр. лиц страхование

ипотека рефинансирование

gazprombank.ru

Банк ГПБ (АО). Ген. лицензия ЦБ РФ № 354. Реклама.



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

Анна ГОРШКОВА
Главный редактор журнала
«Энергетическая политика»

Темная сторона светлого топлива

В начале февраля 2023 г. вступило в силу самое тяжелое на данный момент для российского энергетического рынка санкционное решение стран ЕС и G7 о запрете на закупки нефтепродуктов из РФ.

России удалось с минимальными потерями преодолеть запрет на импорт угля и морские поставки нефти в Европу во многом за счет переориентации экспорта в Индию и Китай. Однако закупать дизельное топливо на уровне Европы эти страны не будут – они сами являются поставщиками светлых нефтепродуктов на мировой рынок. Мало того, китайские и индийские нефтеперерабатывающие заводы обладают свободными производственными мощностями в объеме порядка 132 млн т в год, поэтому ничто им не мешает закупать по бросовым ценам российскую нефть или мазут для быстрого увеличения производства топлива. Недозагрузка европейских НПЗ превышает 142 млн т. Так что страны ЕС, вероятно, смогут избежать топливного кризиса, увеличив собственное производство и нарастив закупки топлива в Индии, Китае и США.

России же придется искать принципиально новых потребителей нефтепродуктов в странах Африки и Латинской Америки. Основными вопросами при этом могут стать дорогая транспортировка, требующая привлечения специальных танкеров для перевозки дизеля, и платежеспособность новых партнеров, поскольку предоставлять слишком большие скидки на товар, требующий затрат на производство, бессмысленно.

Не исключено, что наученные опытом начала 2000-х гг. компании пойдут по пути не сокращения добычи и переработки нефти, а увеличения производства мазута, поставляемого на мировой рынок для дальнейшей переработки.

Александр НОВАК
Заместитель председателя Правительства РФ

DOI 10.46920/2409-5516_2023_2180_4 EDN: ZKOTBV

Российский ТЭК 2022: вызовы, итоги и перспективы

В течение последнего года российский ТЭК столкнулся с рядом беспрецедентных внешних вызовов. Это отказ западных компаний от участия в российских проектах, последовательные ограничения на поставки российских энергоресурсов, запрет на экспорт в Россию иностранного оборудования и технологий, а также ряд других мер. Вопреки пессимистичным прогнозам, российская энергетическая отрасль достойно справляется с ограничениями и демонстрирует стабильную работу. Более того, по итогам года по ряду показателей наблюдается рост. Все это говорит о том, что за последние годы в отраслях ТЭК был сформирован прочный фундамент, который позволяет максимально эффективно нивелировать последствия санкций и, несмотря на трансформацию мировых энергетических рынков, продолжать развитие.

Нефтяная отрасль

По итогам 2022 г. добыча нефти в России составила 535,2 млн т, что на 2 % больше, чем в предыдущем году. Экспорт вырос на 7,6 %, до 242 млн т. Переработка практически достигла 272 млн т, это на 3 % ниже показателя прошлого года. При этом, вследствие модернизации НПЗ, производство автомобильного бензина и дизельного топлива увеличилось на 4,4 % (до 42,6 млн т) и 6 % (до 85 млн т) соответственно. Глубина переработки нефти составила 83,9 % (+ 0,5 п. п. к 2021 г.).

В 2022 г. открыто 38 месторождений углеводородного сырья с суммарными извлекаемыми запасами нефти 96,4 млн т. Планомерно ведется дальнейшая разработка ресурсной базы, в том числе, за счет трудноизвлекаемых и шельфовых запасов. В течение года продолжилось совершенствование фискальной системы для поддержки разработки этих категорий нефти.

Развиваются собственные технологии. В частности, в 2022 г. запущен проект по созданию инновационной, не имеющей аналогов в мире, технологии термохимического воздействия на нетрадиционные нефтеносные горизонты. Реализация проекта позволит существенно повысить процент извлечения углеводородов на месторождениях высоковязкой нефти, а также включить в широкомасштабную разработку такие виды ТРИЗ, как баженовская, доманиковая, абалакская, хадумская, куонамская свиты. Такая инновация может обеспечить не только импортозамещение, но и импортоопережение в освоении ТРИЗ.

Внутренний рынок нефтепродуктов в течение всего 2022 г. был надежно обеспечен топливом. Динамика цен уверенно держалась ниже уровня инфляции. Такой результат при стремительных изменениях мировых цен на нефть, в первую очередь, достигается за счет демпферного механизма, который способствует обеспечению достаточной доходности бизнеса при сдерживании розничной стоимости топлива на АЗС. В результате цена бензина в России сегодня почти в 2 раза ниже, чем в среднем в Европе.

Работаем над ключевыми проектами в нефтегазохимии. В 2022 г. Минэнерго России заключило инвестиционные соглашения о создании новых мощностей с двумя компаниями – ООО «КИК» и ПАО «Уфаоргсинтез» ПАО «НК «Роснефть».

Добыча нефти в России в 2022 г. составила 535,2 млн т, что на 2 % больше, чем в предыдущем году. Экспорт вырос на 7,6 %, до 242 млн т

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №2(180) / 2023

В 2021 г. были заключены три аналогичных соглашения с ООО «ЗапСибНефтехим», ПАО «Нижнекамскнефтехим» и ПАО «Казаньоргсинтез» «СИБУР Холдинга». В период до 2027 г. это позволит дополнительно инвестировать в нефтегазохимию более 600 млрд руб.

Продолжилось сотрудничество в рамках соглашения об ограничении добычи нефти ОПЕК+. В октябре прошлого года мы приняли решение снизить квоты на нефть на 2 млн б/с с ноября 2022 г. и продлить условия сделки до декабря 2023 г. На встречах и в декабре, и в феврале участники ОПЕК+ оставили эти договоренности без изменений. Решение было принято исключительно исходя из объективных причин. На мировом нефтяном рынке продолжают действовать значительные риски неопределенности, связанные с недоинвестированием в нефтяную отрасль на фоне пандемии COVID-19, высвобождением стратегических запасов странами ОЭСР и, как следствие, снижением этих запасов, а также агрессивной политикой стран Запада в отношении поставок российских энергоресурсов.

«ЗапСибНефтехим», Тобольск
Источник: tobolka.ru

Напомню, что западные страны начали поступательно заявлять об отказе от российской нефти. С 5 декабря прошлого года ЕС введено эмбарго на транспортировку нефти морским путем, с 5 февраля текущего года – на поставку нефтепродуктов. В санкционный пакет вошло установление верхнего предела цен на морскую транспортировку российской нефти и нефтепродуктов в третьи страны. Все это уже привело к волатильности мировых нефтяных рынков и неблагоприятным экономическим последствиям для стран-инициаторов ограничений. Цена на нефть марки Brent достигала 125 долл./барр. и удерживалась выше 100 долл./барр. до осени прошлого года.

При этом в течение последних месяцев мы принимали превентивные меры на случай таких действий. Состоялось несколько совещаний у президента России, где мы обсуждали необходимые шаги реагирования. По итогам принятых решений российские компании уже выстраивают новые логистические цепочки. В частности, для переориентации поставок российской нефти и нефтепродуктов в дружественные страны в 2022 г. реализован проект увеличения транспортировки в направлении порта Козьмино. В результате мы обеспечили рост транспортировки в страны АТР до 42 млн т нефти в год. Если на пике в марте-апреле падение добычи составляло около 1,2 млн б/с, то уже к середине года мы восстановили добычу до уровня января-февраля примерно в 10 млн б/с.

Сегодня мы продолжаем искать и находить новые рынки. В текущем году в дружественные страны планируется направить более 80 % экспорта нефти и 75 % нефтепродуктов. Что касается поставок в государства, которые поддерживают нелегитимные ценовые ограничения, здесь наша позиция широко известна и остается неизменной: российскую нефть такие страны не получат.

Газовая отрасль

Продолжается плановый ввод в эксплуатацию месторождений. Открыты газоконденсатное месторождение им. В. И. Гири, Сеяхинское и Семаковское газовые месторождения в ЯНАО, газоконденсатное месторождение Хазри на шельфе Каспийского моря. Введено в эксплуатацию Ковыктинское месторождение в Иркутской области.

Добыча газа в 2022 г. составила 673,8 млрд м^3. Экспорт снизился на 25,1 %, до 184,4 млрд м^3. Это связано с объективными причинами – отказом европейских стран от покупок российского газа, а также диверсиями на газопроводах «Северный поток 1» и «Северный поток 2».

Если на пике в марте-апреле 2022 г. падение добычи составляло около 1,2 млн б/с, то уже к середине года мы восстановили добычу до уровня января-февраля примерно в 10 млн б/с

В то же время в течение года активно наращивались поставки газа в КНР. Не раз были обновлены рекорды суточной транспортировки российского газа по газопроводу «Сила Сибири». В результате поставки газа в Китай по «Силе Сибири» увеличились на 48 % и достигли исторического максимума в 15,4 млрд м^3.

Мы видим потенциал роста поставок газа в АТР. Активизирована работа по дальнейшей диверсификации экспортной инфраструктуры. Для этого компания «Газпром» по поручению президента России прорабатывает ускорение строительства «дальневосточного маршрута», а также магистрального газопровода «Сила Сибири 2».

Развитие этих проектов привлечет 4–5 трлн руб. прямых инвестиций и 1,5–2 трлн руб. дополнительных инвестиций в смежные отрасли (металлургия, цементная отрасль, химическая промышленность и т. д.).

Здание химреагентов на «Ямал СПГ»
Источник: metall.pro

Особое значение придаем развитию производства СПГ. Экспорт СПГ в прошлом году вырос на 7,9 % и достиг 45,7 млрд м^3. Мировой рынок газа становится максимально глобальным, поэтому в будущем в силу мобильности сжиженный газ станет все более востребованным.

Экономические показатели российских СПГ-проектов являются одними из наиболее конкурентоспособных в мире благодаря низкой стоимости добычи, низким затратам на выполнение логистических операций в АТР. Кроме того, производство российского СПГ выгодно отличается относительно низким углеродным следом. Поэтому, несмотря на внешние ограничения, реализация всех намеченных проектов в сфере СПГ остается приоритетной задачей.

В этой связи работаем над технологическим развитием отрасли. В первую очередь, над созданием отечественных комплексов сжижения газа. На эти цели выделен 1 млрд руб. Будет обеспечен запуск и частичное финансирование 4 проектов по созданию СПГ-оборудования для средне- и крупнотоннажного производства. Всего в России панируется реализовать 18 таких проектов. На заводе «Ямал СПГ» уже работает российский комплекс СПГ «Арктический каскад». Значительное внимание уделяется развитию Северного морского пути, где основной грузопоток составляет именно СПГ.

Особую важность сегодня приобретает обеспечение газом потребностей внутреннего рынка. В первую очередь, речь идет о задаче по газификации и догазификации регионов России. Напомню, что по решению президента страны социальная газификация стала бессрочной. То есть теперь граждане могут подавать заявки на бесплатное подключение без временных ограничений. Кроме того, будут газифицированы котельные, которые снабжают образовательные и медицинские учреждения. Отдельным категориям граждан предоставляются субсидии на покупку газового оборудования и проведение работ внутри границ их земельных участков.

На конец прошлого года заключено порядка 750 тыс. договоров на присоединение к газораспределительным сетям. До границ земельного участка газ подве-

Экспорт угля через порт Ванино

Источник: «СУЭК»

ден к более 500 тыс. домовладений, что в 2,5 раза больше уровня предыдущих лет. Потенциал догазификации составляет более 2 млн домовладений.

Продолжаются работы по восстановлению инфраструктуры газоснабжения потребителей в ЛНР, ДНР, Херсонской и Запорожской областях. В прошлом году было построено два газопровода протяженностью 71,5 км и 11,1 км. В результате в новых регионах обеспечено газом 187 тыс. абонентов.

Среди приоритетных задач – строительство магистральной и распределительной инфраструктуры в рамках исполнения перечня поручений президента о завершении газификации к 2030 г. По итогам прошлого года газифицировано дополнительно 377 населенных пунктов, порядка 70 тыс. домовладений и квартир, 296 котельных. К 2024 г. уровень газификации должен достичь 74,7 %, к 2030 г. – 82,9 % (по состоянию на 1 января 2023 г. уровень газификации Российской Федерации составляет 73 %).

Мы продолжаем активно искать и находить новые рынки сбыта. Так, в текущем году в дружественные страны планируется направить более 80 % экспорта нефти и 75 % экспорта нефтепродуктов

Угольная отрасль

Угольная промышленность одной из первых столкнулась с ограничениями западных стран на поставки. Тем не менее, отечественные угольные компании смогли оперативно пересмотреть свою экспортную политику, оптимизировать подходы и адаптироваться к новым реалиям.

В результате в течение 2022 г. было добыто 443,6 млн т угля, что чуть больше показателей прошлого года. По итогам года экспорт снизился на 7,5 % (210,9 млн т). При этом на 12,2 % (до 172,42 млн т) выросли поставки на внутренний рынок.

Угольные компании являлись основными налогоплательщиками в угледобывающих регионах. Налоговые поступления, включая страховые взносы на социальное страхование, в 2022 г. более чем в два раза превышают показатель предыдущего года.

Сегодня усилия государства и угольных компаний направлены на дальнейшую переориентацию экспорта российского угля в страны АТР, а также стимулирование роста спроса на уголь на внутреннем рынке. Для этого предусматривается модернизация Восточного полигона железных дорог (II этап), что приведет к увеличению провозной способности БАМа и Транссиба на экспорт до 180 млн т/г. Также ведётся строительство железнодорожной ветки «Эльга – Чумикан», что обеспечит рост объемов отгрузок угля до 10 млн т/г в 2025 г. и до 30 млн т/г в 2030 г. Развитие Эльгинского угольного комплекса приведет к увеличению добычи до 50 млн т. Также в проекте разработка и развитие ряда месторождений, строительство и реконструкция электростанций.

Одними из основных внешнеэкономических партнеров России остаются Китай и Индия. Оба государства продолжают наращивать импорт российского угля. За прошлый год наша страна экспортировала в Китай 59,52 млн т угля (+11,2 % к 2021 г.), в Индию – 16,7 млн т (+147,8 % к 2021 г.).

В октябре 2021 г. был заключен меморандум с Индией на поставку 40 млн т/г коксующегося угля до 2030 г., что будет дополнительным стимулом развития угольной отрасли России. Заинтересованность Индии в увеличении закупок российского твердого топлива связана с планами страны диверсифицировать источники поставок угля и снизить зависимость от импорта австралийского угля. Рассчитываем, что к 2030 г. экспорт угля в страны Азиатско-Тихоокеанского региона вырастет в 1,5–2 раза.

Развитие «дальневосточного маршрута» и газопровода «Сила Сибири 2» привлечет 4-5 трлн руб. прямых инвестиций и 1,5-2 трлн руб. дополнительных инвестиций в смежные отрасли (металлургия, химическая промышленность и т.д.)

Продолжается реализация программы развития угольной промышленности России на период до 2035 г. в Якутии. В частности, введен в эксплуатацию Сылдахский угольный разрез на одноименном месторождении, что соответствует целям

Транссибирская железная дорога

Источник: MaykovNikita / depositphotos.com

Китай и Индия продолжают наращивать импорт российского угля. За прошлый год наша страна экспортировала в Китай 59,52 млн т угля (+11,2% к 2021 г.), в Индию – 16,7 млн т (+147,8% к 2021 г.)

по созданию новых центров добычи угля в восточных регионах страны. Работаем над повышением уровня промышленной безопасности и экологичности отрасли.

Электроэнергетика

Производство электроэнергии выросло на 0,7 % по сравнению с прошлым годом и составило 1138,7 млрд кВт·ч, а потребление электроэнергии – на 1,5 %, до 1123,6 млрд кВт·ч. Было введено 1,62 ГВт новых мощностей. При этом четверть из них (более 400 МВт) – это объекты возобновляемой энергетики. Выработка электроэнергии на возобновляемых источниках энергии выросла на 38 %.

Особое значение, как и все предыдущие годы, придается прохождению осенне-зимнего сезона. Здесь все идет в штатном режиме. При этом российские энергетики активно работают над восстановлением энергетической инфраструктуры на новых территориях Российской Федерации. В ЛНР, ДНР, Херсонской и Запорожской областях восстановлено электроснабжение более 35 тыс. жилых домов, более 600 социальных объектов, 27 узлов водоснабжения и более 80 объектов теплоснабжения.

В течение года принимались важные документы и решения в отрасли. В декабре 2022 г. правительство актуализировало генеральную схему размещения объектов электроэнергетики до 2035 г. Предусмотрено последовательное обновление оборудования тепловых электростанций – до 2035 г. будет введено 45 гигаватт генерирующего оборудования на тепловых электростанциях. Будет построено 24,2 тыс. км новых линий электропередач и введено 69,3 тыс. мегавольт-ампер трансформаторной мощности.

С текущего года внедряется единая система планирования в электроэнергетике. Теперь программные документы в сфере перспективного развития отрасли будут разрабатываться централизовано. Формировать генеральную схему размещения объектов электроэнергетики и программу развития электроэнергетических систем будет «Системный оператор». Ранее эти функции выполняли субъекты России.

Упрощается процедура присоединения к электрическим сетям. Сокращаются этапы взаимодействия потребителей с сетевыми организациями и гарантирующими поставщиками. Для удобства граждан заявку на техприсоединение в большинстве случаев теперь можно подать через портал «Госуслуги». За прошлый год присоединено 423 тыс. новых потребителей, в том числе около 390 тыс. домовладений и более 30 тыс. предприятий малого и среднего бизнеса.

Продолжается реализация плана мероприятий «Внедрение целевой модели рынка тепловой энергии». В 2022 г. на новую модель регулирования системы отношений и ценообразования в сфере теплоснабжения по методу «альтернативной котельной» перешло 5 муниципальных образований.

Подписано распоряжение правительства о продлении механизма поддержки возобновляемой энергетики на розничных рынках до 2035 г. Это будет способствовать привлечению инвесторов в реализацию инвестиционных ВИЭ-проектов и в долгосрочной перспективе обеспечит увеличение доли низкоуглеродной генерации в субъектах страны. Разработан законопроект о введении понятия сертификатов происхождения электроэнергии.

Белоярская АЭС
Источник: «Росэнергоатом»

Высоковольтные ЛЭП на Кавказе

Источник: photollurg2 / depositphotos.com

Предполагается дальнейшее развитие «зеленой» генерации на основе атомной энергии и гидрогенерации. До 2035 г. будет введено 12,2 гигаватта мощностей новых энергоблоков АЭС, 6,7 гигаватт новых гидроэлектростанций и гидроаккумулирующих электростанций.

Отмечу, что в 2022 г. установлен очередной рекорд по выработке электроэнергии атомными электростанциями в 223,371 кВт·ч. ГК «Росатом» полностью перевела реактор БН-800 на четвертом блоке Белоярской АЭС в Свердловской области на МОКС-топливо, что является ключевым шагом в выстраивании двухкомпонентной атомной энергетики с замыканием ядерного топливного цикла.

В рамках развития низкоуглеродной энергетики Россия развивает водородную отрасль. В конце прошлого года в стране утверждена дорожная карта развития высокотехнологичного направления «Развитие водородной энергетики», которая стала единым документом развития отрасли. В январе текущего года между Правительством России, ГК «Росатом» и ПАО «Газпром» заключено соглашение о реализации дорожной карты. В части федерального проекта «Чистая энергетика» на развитие водородной энергетики предусмотрены средства федерального бюджета в размере 9,3 млрд руб. на период до 2024 г.

Реализуются мероприятия по импортозамещению и внедрению принципов НДТ, цифровой трансформации в отраслях ТЭК и противодействию изменению климата. Продолжается международное сотрудничество как в двусторонних форматах с дружественными странами, так и в многосторонних, в том числе на базе ОПЕК+, БРИКС, АСЕАН, ФСЭГ и т. д.

Подчеркну, что сегодня, как и в предыдущие годы, сохраняются ключевые приоритеты энергетической политики России. Первый – это надежное снабжение доступными энергоресурсами внутреннего рынка, то есть удовлетворение потребностей наших граждан, промышленности, бизнеса, социальных объектов. Второй – сохранение и приумножение экспортного потенциала и лидерских позиций на мировом рынке энергоресурсов. Уверен, что совместными усилиями государства, бизнеса, и научного сообщества обе задачи будут успешно реализованы.

УДК 620.9 DOI 10.46920/2409-5516_2023_2180_12 EDN: UEYRDC

Термоядерные исследования как существенная составляющая технологической платформы энергетической безопасности

Fusion research as an essential component of the technological platform of energy security

Виктор ИЛЬГИСОНИС
Директор направления научно-технических исследований и разработок Госкорпорации «Росатом», д. ф.-м. н., профессор, член-корреспондент РАН
e-mail: vilkiae@gmail.com

Victor ILGISONIS
Director for R & D State Atomic Energy Corporation «Rosatom», D.Sci., Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
e-mail: vilkiae@gmail.com

Тяньваньская АЭС

Источник: «Росатом»

Аннотация. Целесообразность и направления развития термоядерной энергетики анализируются с позиций энергетической безопасности как составной части национальной безопасности. Делается вывод о том, что термоядерные исследования способны выступать и уже выступают мощным драйвером научно-технологического прогресса, механизмом, стимулирующим развитие высокотехнологичных сегментов экономики страны. Возможности имплементации технологий управляемого термоядерного синтеза должны быть учтены в стратегическом планировании развития ядерной энергетики.
Ключевые слова: термоядерный синтез, ядерная энергетика, энергетическая безопасность, токамак, проект ИТЭР, проект ТРТ, термоядерные технологии.

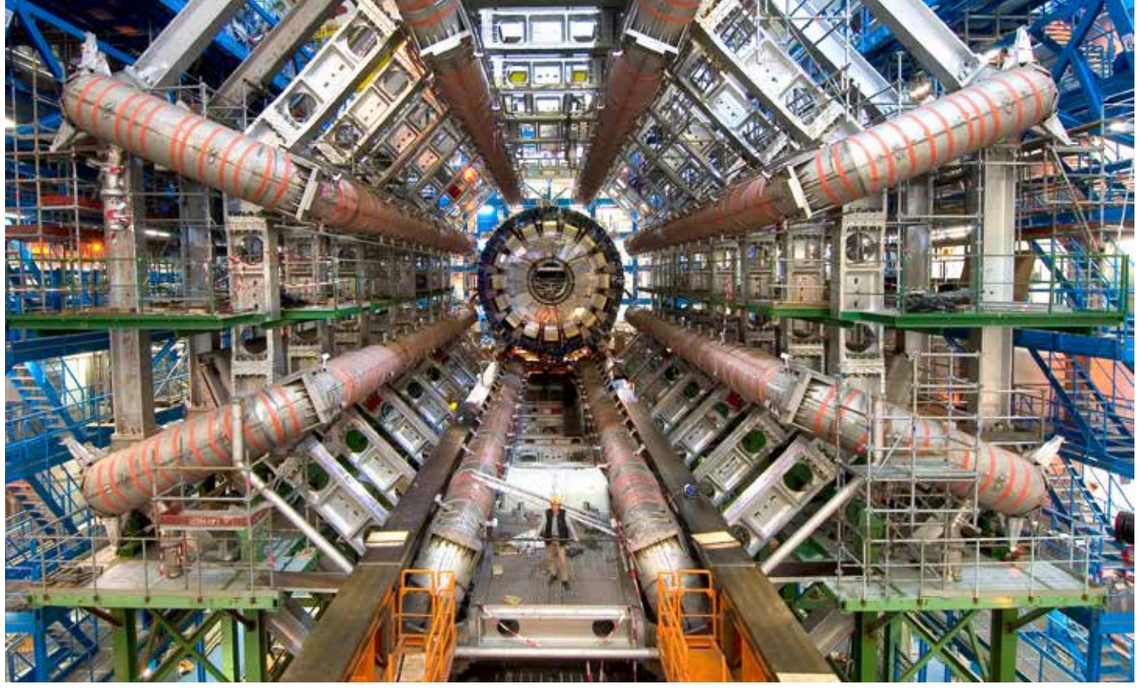
Abstract. The expediency and directions of development of thermonuclear energy are analyzed from the standpoint of energy security as an integral part of national security. It is concluded that thermonuclear research is able to act and already acts as a powerful driver of scientific and technological progress, a mechanism that stimulates the development of high-tech segments of the country's economy. The possibilities of implementing technologies of controlled thermonuclear fusion should be taken into account in the strategic planning of the development of nuclear energy.
Keywords: thermonuclear fusion, nuclear power, energy security, tokamak, ITER project, TRT project, fusion technologies.

> **ИТЭР – самый крупный научный проект в истории человечества, как по масштабам и стоимости, так и по значимости ожидаемых результатов**

Осуществление управляемого термоядерного синтеза (УТС) – без преувеличения, одна из самых трудных и амбициозных задач, поставленных человечеством перед собой в XX веке. Более 70 лет трудоемких и весьма дорогостоящих исследований ведущих мировых стран в области управляемого термоядерного синтеза разделили сообщество людей, вовлеченных в эти работы или хотя бы как-то наслышанных о них, на две почти равные группы с весьма полярными суждениями. Одни сохраняют энтузиазм и считают необходимым интенсифицировать данные исследования, тогда как другие ратуют за их скорейшее прекращение по причине затратности и бесперспективности.

Оптимизм первых легко понять: за прошедшие десятилетия не только не было выявлено принципиальных запретов со стороны физической науки на реализацию управляемого термоядерного синтеза, но и вполне успешно был преодолен целый ряд трудностей, ранее казавшихся непосильными. Более того, если судить о скорости прогресса в исследованиях по управляемому термоядерному синтезу по значению так называемого «тройного произведения»[1], то вплоть до начала нынешнего века она была выше, чем скорость прогресса в производительности компьютеров. Согласно известному «закону Мура» удвоение числа транзисторов на кристалле чипа должно происходить каждые 2 года, тогда как значение тройного произведения удваивалось каждые 1,8 года! Исходные же аргументы в поддержку термоядерного синтеза как потенциального источника практически бесконечной энергии остались прежними. Главное – это, конечно, отсутствие углеродосодержащих выбросов, пониженная радиационная опасность, принципиальная невозможность неуправ-

[1] «Тройное произведение», т. е. произведение концентрации частиц плазмы, их температуры и времени удержания энергии – основной параметр, характеризующий «качество» термоядерной установки в терминах близости параметров плазмы к условию термоядерного горения. Для термоядерного горения дейтерий-тритиевой смеси значение тройного произведения должно превышать $3{,}5 \cdot 10^{28}$ м$^{-3}$ °К с.



Большой адронный коллайдер в ЦЕРНе

Источник: scienceabc.com / NASA.gov

ляемого разгона (термоядерные реакции не цепные) и неограниченность топливных ресурсов: как известно со школьных времен, энергосодержание дейтерия, находящегося в стакане воды, эквивалентно энергосодержанию барреля бензина. В сегодняшних условиях ресурсных и экологических ограничений эти аргументы выглядят даже более привлекательными, чем на старте термоядерных исследований в середине прошлого века.

Понятен и негативизм пессимистов, основанный, как правило, на двух основных тезисах: это колоссальная техническая сложность практически всех ключевых компонент термоядерного реактора, умноженная на отсутствие промышленных технологий их создания, плюс экономическая неконкурентоспособность термоядерной энергетики, прежде всего, из-за несопоставимых даже с ядерными реакторами капитальных затрат на сооружение. «Давайте перестанем тратить большие средства на исследования, нацеленные на создание неработоспособной и ненужной даже в отдаленной перспективе термоядерной энергетики», – вот основной посыл противников управляемого термоядерного синтеза, среди которых отнюдь не всегда доминируют дилетанты от науки. Сходную позицию можно услышать и из уст профессионалов в области ядерной энергетики и физики плазмы (см., например, [1]), не говоря уже об экономистах и управленцах.

Плюсы очевидны: отсутствие углеродосодержащих выбросов, пониженная радиационная опасность, принципиальная невозможность неуправляемого разгона и неограниченность топливных ресурсов

Не ставя перед собой задачу внести новую лепту в указанную дискуссию, ведущуюся уже весьма продолжительное время и активизирующуюся каждый раз при достижении учеными-термоядерщиками нового значимого рубежа или при старте какого-либо нового термоядерного проекта, рассмотрим в данной статье перспективы этого процесса с позиций обеспечения национальной безопасности, в первую очередь, безопасности энергетической. Представление о том, как статус, проблемы и перспективы термоядерных исследований виделись их непосредственным участникам в последние десятилетия, можно составить по работам [2] – [5], что оправдывает краткость изложения позиции автора по этим вопросам в настоящей статье.

Национальная безопасность и энергетическая трилемма

Несмотря на то, что исследования в области управляемого термоядерного синтеза привели к целому ряду фундаментальных научных достижений, в первую очередь, в области физики звезд и плазменной астрофизики, отражением чего отчасти может служить присуждение в 1970 г. Нобелевской премии по физике Хансу Улофу Гёста Альфвену «…за фундаментальные труды и открытия в магнитной гидродинамике с плодотворными приложениями в различных разделах физики плазмы»[2], эти работы имеют, в основном, очевидную практическую направленность, и потому должны оцениваться именно с позиций решения задач энергетики и сравниваться в части затрат с затратами на разработки в области энергетики, несопоставимыми с типовыми затратами на научные исследования.

Прогресс в термоядерных исследованиях послужил стимулом для участия ведущих стран мира в крупном международном проекте по созданию экспериментального термоядерного реактора – ИТЭР

Однако нельзя не согласиться с тем, что в условиях ограниченности ресурсов, выделяемых на научно-технологическое развитие, для крупных корпораций или целых стран неизбежна постановка вопроса о выборе приоритетов, решаемого зачастую волевым образом или посредством лоббирования. К числу более или менее объективных критериев выбора таких приоритетов среди прочих можно отнести следующие [5]:

[2] Объективности ради укажем, что Х.О.Г. Альфвен (1908–1995) поделил эту премию с Луи Эженом Феликсом Неэлем (1904–2000), которому она была присуждена «… за фундаментальные труды и открытия в области антиферромагнетизма и ферромагнетизма, которые привели к важным приложениям в физике твёрдого тела».

Проект ИТЕР, Сен-Поль-ле-Дюранс, Франция

Источник: atomic-energy.ru

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №2(180) / 2023

– наличие компетенций и серьёзных заделов в разработке направления развития (при их отсутствии трудно претендовать на достижение технологического лидерства);
– науко- и трудоёмкость направления (в отсутствие которых преимущество – на стороне малого и среднего бизнесов как более гибких и оперативных);
– долговременность и стратегический характер реализации направления (без чего масштабные вложения в данное направление окажутся неоправданными);
– быстрое развитие смежных/побочных направлений (что позволяет оправдывать, хотя бы частично, вложения в ходе решения основной задачи, демонстрируя их продуктивность).

Более подробно позиция автора о роли и месте прикладной науки изложена в [6]; здесь же отметим, что термоядерные исследования в России вполне соответствуют вышеуказанным критериям (в дальнейшем, если не оговорено особо, под термоядерными исследованиями будем преимущественно понимать доминирующее в настоящее время в мире направление магнитного термоядерного синтеза на основе токамаков[3]). Представление о соответствии первым трём критериям можно получить из уже упомянутых обзоров [2] – [4]; о развитии же смежных/побочных направлений будет сказано ниже.

Вышеперечисленные критерии относятся, разумеется, в большей степени не к поисковым или фундаментальным работам, а к технологическим разработкам, но именно таковыми и являются работы в области управляемого термоядерного синтеза на современном этапе и именно с этих позиций их следует оценивать, говоря о перспективах термоядерной энергетики. Углубление в последнее десятилетие понимания неразрывной связи и взаимовлияния национальной безопасности страны и её социально-экономического развития, включая укрепление и совершенствование её технологического базиса, получило в 2021 г. документальное закрепление в Стратегии национальной безопасности Российской Федерации [7] (далее – стратегия), существенными составляющими которой выделены научно-технологическое развитие, экологическая и экономическая безопасность.

Проект ИТЕР, Сен-Поль-ле-Дюранс, Франция

Источник: nuclearfriendsfoundation.com

[3] Термин «токамак» – аббревиатура русских слов ток, камера, магнитная катушка. Токамак представляет собой тороидальное устройство для удержания высокотемпературной плазмы с помощь магнитных полей специальных катушек и протекающего по плазме тока; сегодня считается наиболее перспективным устройством для создания термоядерного реактора.

На последней следует остановиться подробнее, поскольку именно экономическая несостоятельность термоядерной энергетики, декларируемая оппонентами термоядерного синтеза, является наиболее расхожим аргументом в их устах.

Среди задач, решением которых в соответствии со стратегией осуществляется достижение целей обеспечения экономической безопасности Российской Федерации, особо отметим задачу обеспечения *энергетической безопасности* Российской Федерации и задачу *развития технологий получения электроэнергии*, в том числе из возобновляемых и альтернативных источников энергии, развитие низкоуглеродной энергетики.

Понятие энергетической безопасности, введенное Международным энергетическим агентством (International Energy Agency, IEA) после нефтяного кризиса в 1973 г. как обеспеченность энергией в количестве и качестве, требуемом в данных экономических условиях [8], в последние годы стало предметом пристального внимания и анализа не только со стороны энергетиков и экономистов, но и юристов, социологов, политиков, управленцев. С 2010 г. Мировой энергетический совет (World Energy Council, WEC) на основе открытых глобальных данных и данных по отдельным странам (отчетов IEA, Всемирного банка, информации Объединенной инициативы раскрытия данных организаций (JODI), а также публичной информации и ответов представителей стран-респондентов) стал ежегодно публиковать так называемый индекс мировой энергетической трилеммы, включающей помимо энергетической безопасности (1) критерии равнодоступности энергии (2) и экологической устойчивости (3), коррелирующие с тремя составляющими программы устойчивого развития ООН. Последний показатель оценивает эффективность энергетической системы страны предотвращать ущерб окружающей среде и смягчать последствия изменения климата. Кроме трех перечисленных основных критериев, составляющих 90 % индекса, оставшиеся 10 % приходятся на так называемый национальный контекст (4), характеризующий макроэкономическую ситуацию в стране, качество управления и стабильность условий для инвестиций и инноваций. Всего для расчета индекса используются 32 показателя; на основании результатов расчетов устанавливается рейтинг 125 стран. По итогам 2022 г. Россия, имея индекс 29, находится в таком рейтинге позади 43 стран (несколько стран имеют одинаковый индекс) [9].

При всей условности подобных расчетов считается, что индекс трилеммы позволяет отслеживать сравнительную результативность принимаемых в стране мер по формированию устойчивой энергетической отрасли, а также провести сравнительный анализ эффективности государственной политики на основе показателей других участников. Напомним, что в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р [10] повышение позиции Российской Федерации в рейтинге WEC, сформированном на основе индекса трилеммы, отнесено к числу показателей Энергетической стратегии, который к 2035 г. должен составить 20–30, и ориентироваться следует на нижнюю границу данного диапазона.

Токамак KSTAR, Южная Корея

Источник: sciencesprings.wordpress.com

Относительно низкая позиция России в рейтинге связана с критериями (2)-(4). Если по критерию (1) Россия попадает в первый квартиль среди участников рейтинга, главным образом, за счет обеспеченности энергоресурсами и диверсификации

В ИТЭР участвуют 35 стран: 27 стран ЕС, Швейцария, Великобритания, Индия, Китай, Южная Корея, Россия, США и Япония. Инвестиции Европы в проект составляют 45,46 %, остальных – по 9,09 %

генерирующих мощностей, то по критерию (2) она уже во втором квартиле, а по (3) и (4) – лишь в третьем. Означает ли это, что с энергетической безопасностью у нас все в порядке и основное внимание руководителей энергетической отрасли должно быть уделено критериям (2)-(4)? По мнению автора, такое утверждение было бы излишне оптимистичным, тем более, в нынешних условиях.

Развернутая трактовка понятия энергетической безопасности, в том числе как составной части экономической безопасности, дана в Доктрине энергетической безопасности Российской Федерации [11] с подробной характеристикой соответствующих угроз, вызовов, рисков и направлений деятельности по её обеспечению. Среди последних особенно критично «обеспечение технологической независимости топливно-энергетического комплекса и повышение его конкурентоспособности». Понятно, что в сегодняшних реалиях наиболее актуальна и требует скорейшего решения задача импортозамещения в критически важных для устойчивого функционирования топливно-энергетического комплекса видах деятельности, в том числе локализация производства иностранного оборудования или создание его отечественных аналогов. В первую очередь, речь идет о современном нефтегазовом оборудовании, продуктах энергетического машиностроения, включая газотурбинные установки, компрессоры, насосы, генераторы, трансформаторы и пр., программно-технические комплексы автоматизированных систем управления и многое другое. Вместе с тем задача развития отечественного научно-технологического потенциала, создания и освоения передовых технологий в сфере энергетики не может рассматриваться как не вполне своевременная и быть отложена «до лучших времён». Такой подход будет чреват накапливающимся технологическим отставанием, помноженным на уже наметившееся вымывание профессиональных кадров, которое невозможно будет устранить за короткое время в случае необходимости. Принципиально важно, что внедрение новых технологий сопровождается трансформацией механизмов производства и потребления, появлением новых рынков товаров и услуг, изменением облика существующих отраслей экономики, технологических и потребительских стандартов, т. е. всем тем, что не может быть предсказано заранее в отсутствие указанных технологий, находящихся в стадии разработки или опытной эксплуатации. Сказанное особенно актуально, если речь идет о ядерных технологиях, освоение и промышленное внедрение которых занимает весьма продолжительное время и неизбежно сопровождается изменением или даже кардинальным пересмотром действующих нормативов. В полной мере это относится и к технологиям термоядерного синтеза, примером чего может служить проект интернационального термоядерного экспериментального реактора (ИТЭР).

Проект ИТЭР, Сен-Поль-ле-Дюранс, Франция *Источник: iterrf.ru*

Площадка сооружения ИТЭР во Франции
Источник: arscomp.ru

Проект ИТЭР и мировая палитра токамаков

Очевидный прогресс в термоядерных исследованиях во второй половине XX века наряду с пониманием того, что реализация условий термоядерного горения в установках магнитного удержания плазмы критично зависит от размеров устройства (что непосредственно следовало из «прозрачных» балансовых расчетов, выполненных на достигнутом к концу двадцатого столетия уровне понимания физических процессов в высокотемпературной плазме), послужил стимулом для появления и довольно быстрого одобрения правительствами ведущих мировых стран идеи крупного международного проекта по созданию экспериментального термоядерного реактора. Таким проектом стал проект ИТЭР (аббревиатура слов International Thermonuclear Experimental Reactor – ITER – впоследствии стала трактоваться просто как латинское слово «путь»). Идеологом проекта выступил академик Е. П. Велихов, сумевший не просто донести содержание проблемы до российских политических лидеров, но и объяснить все потенциальные преференции такой масштабной мирной инициативы со стороны России в очень трудное время конца 1980-х – начала 1990-х гг. В том, что эта инициатива была серьёзно воспринята и поддержана в мире, также большая заслуга Е. П. Велихова, имевшего весьма широкий международный авторитет в научных и политических кругах. Последующая история проекта полна различных коллизий и перипетий, тем не менее, 21 ноября 2006 г. в Париже было подписано соглашение о Международной организации по созданию термоядерного экспериментального реактора ИТЭР, предусматривающее все последующие этапы проекта: строительство, эксплуатацию, вывод из эксплуатации и дезактивацию.

ИТЭР – самый крупный научный проект в истории человечества, как по масштабам и стоимости, так и по значимости ожидаемых результатов. В его сооружении участвуют 7 сторон-участников проекта, объединяющих 35 стран: Европа (27 стран Европейского союза плюс Швейцария и Великобритания), Индия, Китай, Южная Корея, Россия, США и Япония. В соответствии с соглашением Европа, на территории которой размещается ИТЭР, вносит вклад в проект в размере 45,46 %, а остальные участники, в том числе Россия, – по 9,09 %.

В ходе работы ИТЭРа предполагается прояснить целый набор физических вопросов, которые не могут быть решены на установках меньшего масштаба, работающих на водороде или дейтерии

Основная задача ИТЭР заключается в экспериментальной демонстрации «зажигания» и управляемого стационарного «горения» дейтерий – тритиевой (DT) смеси в состоянии плазмы. При этом ожидается, что мощность, выделяемая в результате протекания термоядерных реакций (до 400–500 МВт), превысит вводимую в плазму мощность примерно в 10 раз (такое отношение обычно обозначают буквой Q). Это не означает, что ИТЭР будет работать как генерирующий объект: суммарное потребление энергии «от розетки» в процессе разряда будет около 600 МВт, необходимых для функционирования всех обеспечивающих компонент – магнитной системы, криогеники, устройств дополнительного нагрева плазмы, систем управления, диагностики и пр. ИТЭР – всё ещё экспериментальный реактор, он даже не оборудован системой генерации электроэнергии. Именно в ходе работы ИТЭРа предполагается экспериментально прояснить целый набор физических вопросов, которые не могут быть решены на установках меньшего масштаба, работающих на водороде или дейтерии. В частности, это:

- самонагрев и устойчивость горения термоядерной плазмы;
- эффекты, связанные с высокоэнергичными частицами плазмы (речь идёт, в первую очередь, об удержании альфа-частиц, которые не только греют плазму, но и возбуждают целый спектр разнообразных колебаний и волн, в том числе неустойчивых);
- углубление понимания физики удержания и процессов переноса;
- физические пределы по плотности и давлению плазмы;
- эффективность ввода топлива;

Именно отработка многочисленных технологических систем и обеспечение их взаимного функционирования делает ИТЭР необходимым шагом на пути к промышленной термоядерной энергетике

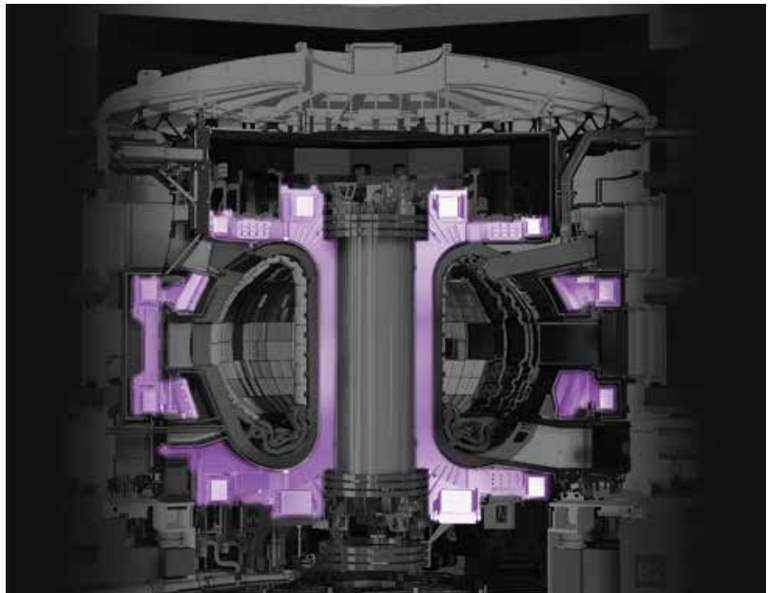
Изготовление оборудования для ИТЕР
Источник: fusionforenergy.europa.eu

- устойчивость магнитогидродинамических идеальных и резистивных мод колебаний плазмы (включая так называемые тиринг-моды, разрывающие токовые слои);
- возникновение и подавление мод, связанных с наличием резистивной стенки токамака (эти моды, так же, как и тиринг-моды, способны ограничить допустимое давление плазмы);
- возникновение и подавление мод, локализованных на периферии плазмы (как оказалось, эти моды в значительной степени ограничивают длительность разряда и – эффективно – уровень энергосодержания);
- обеспечение вывода потоков энергии и частиц;
- проблема срыва тока и уменьшения негативных последствий срыва;
- обеспечение стационарного рабочего режима;
- обеспечение адекватной диагностики в условиях высоких нагрузок (как радиационных, так и с учётом потоков частиц, в том числе нейтронов);
- работа дивертора, проблема откачки золы – накапливающихся продуктов реакций;
- подбор и испытания стойких материалов для энергонагруженных конструкционных деталей, подвергающихся воздействию плазменных и радиационных потоков, в том числе элементов вакуумной камеры и дивертора;
- физика элементов бланкета.

Все эти вопросы требуют экспериментальной проверки на установке масштаба ИТЭР. Без такой проверки экстраполяция имеющихся достижений и результатов в область реакторных параметров будет необоснованной. Помимо научных задач общепризнанно, что именно отработка многочисленных технологических систем и обеспечение их взаимного функционирования делает ИТЭР необходимым и весьма значительным шагом на пути к промышленной термоядерной энергетике.

ИТЭР – это, без преувеличения, квинтэссенция современных технологий. Узлы и элементы конструкции, которые изготавливаются для ИТЭРа в разных странах, проходят специальный контроль и тестирование, стандарты которых выше, чем среднеевропейские или американские. Страны, принявшие на себя ответственность за изготовление узлов ИТЭРа, включая нашу страну, должны организовать высококлассное производство, способное выдержать жесточайшую международную приёмку. Это оказалось очень непросто, но в этом и заключается смысл реальных инновационных проектов, обладающих «вытягивающими» функциями в отношении существующего уровня национальной промышленности. В зоне ответственности России находятся изготовление и поставка 25 различных систем, к числу которых относятся:

Модель ИТЭР
Источник: iterrf.ru



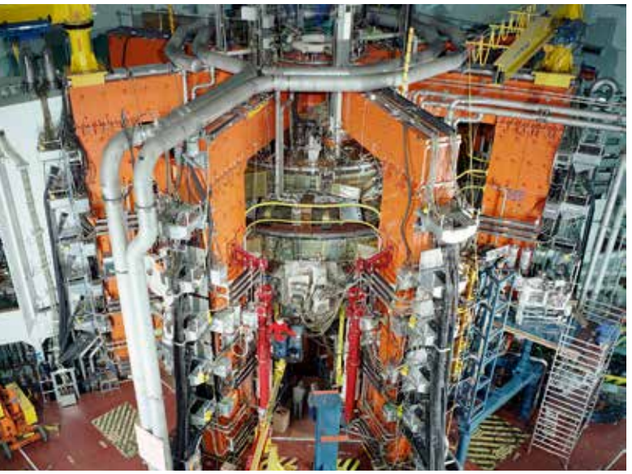
Узлы и элементы конструкции, которые изготавливаются для ИТЭРа в разных странах, проходят специальный контроль и тестирование, стандарты которых выше, чем среднеевропейские или американские

- Nb_3Sn- и NbTi сверхпроводники (всего около 200 т) для катушек тороидальной и полоидальной магнитных систем; катушка полоидального магнитного поля PF1 – одна из шести катушек для управления положением плазменного шнура;
- 18 верхних патрубков вакуумной камеры, необходимых для установки диагностик, оборудования для нагрева плазмы, устройств откачки и др.;
- порт-плаги, расположенные в патрубках вакуумной камеры и предназначенные для установки диагностического оборудования. Кроме этого, должны быть спроектированы и изготовлены четыре стенда для тестирования экваториальных и верхних порт-плагов в условиях нагрева, вакуума и функционального тестирования перед установкой на токамак;
- компоненты первой стенки, включая 179 наиболее энергонапряжённых (вплоть до 5 МВт/м^2) панелей, покрытых бериллиевыми пластинами, напаянными на бронзу CuCrZr, которая соединена со стальной основой (каждая панель имеет высоту 1,4 м, ширину до 2 м, и весит около тонны);
- механические опоры и электросоединители бланкета;
- компоненты дивертора (на купол дивертора и диверторные пластины, принимающие на себя основные потоки высокотемпературной плазмы температурой до 300 млн °C, приходится поток тепла с плотностью до 15–20 МВт /м^2). Для проведения термоциклических испытаний

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №2(180) / 2023

обращённых к плазме компонент дивертора в России построена специальная установка IDTF (ITER Divertor Test Facility), в которой испытываемые детали облучаются электронным пучком с энергией 60 кэВ и мощностью до 800 кВт;

- мощное электротехническое оборудование, включающее не имеющие аналогов устройства коммутации тока и вывода энергии из сверхпроводящих обмоток, силовые цепи постоянного тока, измерительные устройства;
- гиротроны мегаваттной мощности на частоту 170 ГГц (8 шт.) – для электронного циклотронного нагрева плазмы;
- девять оригинальных диагностических систем для измерения широкого спектра параметров плазмы (активная корпускулярная спектроскопия, анализаторы атомов перезарядки, вертикальная нейтронная камера, γ-спектрометрия, дивертор-ный монитор нейтронов, лазерно-индуцированная флуоресценция, рефлектометрия, спектроскопия водородных линий, томсоновское рассеяние в диверторе).



Европейский токамак JET
Источник: origin-production.wikiwand.com

Крайне важной и едва ли не самой существенной особенностью созданной проектом ИТЭР кооперации является предусмотренное соглашением равенство прав и общая доступность создаваемых технологий для всех участников проекта. Дело в том, что параллельно с работами по ИТЭРу каждым участником проекта реализуется и развивается, в том числе с использованием ИТЭРовских разработок, собственная национальная программа исследований в области управляемого термоядерного синтеза.

Наиболее крупной из исследовательских установок, действующих в мире в настоящее время, является объединенный европейский токамак JET (Joint European Torus, Калэм, Великобритания), ряд условий экспериментов в котором непосредственно ориентирован на ИТЭР. JET оборудован «итэроподобной» первой стенкой, изготовленной из бериллия и вольфрама. Система дополнительного нагрева плазмы включает инжекцию быстрых нейтральных атомов мощностью 34 МВт и ионно-циклотронный резонансный нагрев (10 МВт); имеется также система неиндукционного поддержания тока нижнегибридными волнами (7 МВт). Сегодня JET – единственный токамак, реально работающий на DT-смеси.

В эксперименте 1997 г. на JET был поставлен мировой рекорд получения мощности (пиковой) DT-реакций управляемого термоядерного синтеза в 16 МВт, что более чем в полтора раза превысило прежний рекорд такого рода с американского токамака TFTR. При этом значение параметра Q составило примерно 0,65. В более протяженном разряде в течение 4 с в квазистационарном режиме выделилось 21,7 МДж термоядерной энергии (рис. 1). 9 февраля 2022 г. в аналогичном режиме выделяемая средняя мощность составила около 11 МВт. В течение 5 секундного разряда удалось произвести почти в 3 раза больше энергии (59 МДж при Q = 0,33). При этом было израсходовано примерно 0,1 мг трития и 0,007 мг дейтерия.

Наилучшие результаты по длительности разряда демонстрируют, разумеется, сверхпроводящие токамаки. Так, в корейском K-Star (г. Дэджан), начиная с 2017 г., уверенно достигаются температуры ионов, превышающие 100 млн °С, с планомерным увеличением длительности разряда, превысившей в 2022 г. 30 с. Но рекордсменом является китайский токамак EAST (Experimental Advanced Superconducting Tokamak, г. Хэфэй, провинция Аньхой). Физический пуск EAST состоялся в 2006 г., после чего более 10 лет системной работы коллектива энтузиастов Института физики плазмы Академии наук КНР ушло на доводку установки, её планомерную модернизацию, совершенствование экспериментальных режимов. Температура плазмы в EAST свыше 100 млн °С стала нормой с 2018 г., а в 2021 г. при температуре 160 млн °С длительность разряда составила 20 с, при 120 млн °С – 101 с, а при температуре 70 млн °С – более 17 мин. (точнее, 1056 с). Сооруженный в 2020 г. токамак HL-2M (Юго-западный физический институт, г. Ченгду, провинция Сычуань) имеет медные обмотки и потому иные задачи – отработку различных технологий дивертора и вывода энергии из плазмы. В целом, КНР имеет вполне логичную и последовательную программу развития работ по управляемому термоядерному синтезу на основе магнитного удержания плазмы и предполагает собственный (следующий за ИТЭР) этап на пути к сооружению сначала демонстрационной (ДЕМО), а затем и промышленной термоядерной электростанции (ПТЭ). Таким этапом должен стать Китайский термоядерный инженерный тестовый реактор (Chinese Fusion Engineering Testing Reactor – CFETR), инженерный проект которого уже разработан. В настоящее время сооружаются установки для отработки и тестирования ключевых технологий CFETR (проект CRAFT – Comprehensive Research Facilities for Fusion Technology).

Пуск новейшего совместного японо-европейского сверхпроводящего токамака JT-60SA (г. Нака, префектура Ибараки, Япония) ожидается в 2023 г. Более полутора лет ушло на устранение короткого замыкания, возникшего на входном фидере катушки полоидального поля при проведении предпусковых испытаний катушки при токе около 30 % от номинала (к счастью, сама катушка не пострадала). Токамак JT-60SA должен стать промежуточным этапом (как по масштабу установки, так и по срокам эксплуатации) между установкой JET и строящимся ИТЭРом.

В американской национальной программе основными экспериментальными устройствами являются эксплуатируемый крупный диверторный токамак DIII-D (General Atomics, Сан Диего, Калифорния) и сферический токамак NSTX (National Spherical Torus Experiment, г. Принстон, Нью Джерси). Последний был модернизирован в 2015 г., однако в 2016 г. был остановлен

Диверторный токамак DIII-D. Сан Диего, Калифорния, США
Источник: wikiwand.com

из-за аварии, график работ пересмотрен. Пуск обновленного NSTX-U ожидается в 2023 г. Стартовали работы по сооружению компактного токамака SPARC (MIT-CFS, Бостон, Массачусетс), ориентированного на работу с DT плазмой и достижением Q > 1 в высоком магнитном поле (более 12 Т) [13].

Национальная программа термоядерных исследований в РФ

До недавнего времени утверждённая программа исследований в области управляемого термоядерного синтеза в Российской Федерации отсутствовала. Такая программа была разработана в 2016 г. Госкорпорацией «Росатом» совместно с НИЦ «Курчатовский институт», выступившим её инициатором, и с организациями Российской академии наук во исполнение поручения Президента Российской Федерации от 21 января 2016 г. № Пр-104. Она послужила основой федерального проекта ФП-3 «Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий», включённого в состав комплексной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 г.» (далее – Программа РТТН), которая стартовала в 2021 г.

Программа РТТН объединяет в себе наиболее важные мероприятия в области научных исследований и разработки ядерных, термоядерных и смежных технологий, создания новой техники, строительства инновационных энергоблоков АЭС большой и малой мощности, выполняемые предприятиями и организациями атомной отрасли в тесной кооперации с другими ведущими российскими научными и образовательными организациями и промышленными предприятиями. В рамках ФП-3 предусмотрено 5 направлений исследований:

- исследования и разработки по «базовым» термоядерным технологиям (т. е. технологиям, необходимым для осуществления магнитного удержания высокотемпературной термоядерной плазмы, какова бы ни была конечная цель этого удержания – создание «чистого» энергетического реактора или термоядерного источника нейтронов (ТИН);
- исследования и разработки по гибридным реакторным технологиям и системам (т. е. системам, ориентированным на задачи существующей и перспективной ядерной энергетики, о чём речь пойдёт ниже);
- лазерный термоядерный синтез и технологии (целью направления являются задельные работы как по элементам установки лазерного термоядерного синтеза, так и уникального сверхмощного (в 0,1–0,2 эксаватта) источника света);
- разработка инновационных плазменных технологий, в том числе опытно-промышленных – с целью продемонстрировать продуктивность термоядерной науки на пределах устройств и технологий, пригодных для освоения промышленностью уже на современном этапе (например, для обработки материалов для машиностроения и медицины, для создания новых источников частиц и излучения различного спектрального диапазона, для космических применений, для использования в технологических процессах и пр.);
- разработка нормативной базы термоядерных и гибридных систем, обеспечение лицензионной деятельности, обмен научно-технической информацией.

Страны, принявшие на себя ответственность за изготовление узлов ИТЭРа, включая РФ, должны организовать высококлассное производство, способное выдержать жесточайшую международную приёмку

Токамак NSTXU. Принстон, Нью-Джерси, США
Источник: commons.wikimedia.org

Ожидаемые результаты, участники, ключевые научно-технические детали ФП-3 описаны в литературе довольно подробно (см., например, [14]). Отметим здесь, что масштабность поставленных задач и объём работ с очевидностью привели к необходимости продления программы РТТН за горизонт 2024 г., что было закреплено в Указе Президента РФ от 14.04.2022 № 202. Помимо выполнения исходных задач ФП-3, палитра которых довольно широка, важнейшей ролью проекта видится закладка фундамента следующего этапа движения к «термоядерному эльдорадо».

Таким этапом сегодня представляется сооружение токамака с реакторными технологиями (ТРТ) – установки, во многом опирающейся на опыт проекта ИТЭР и новые идеи, возникшие в ходе его реализации. Многие мероприятия ФП-3 уже сейчас так или иначе нацелены на проработку научного обоснования и даже отдельных элементов этой установки, проект которой должен быть полностью сформирован в ближайшие годы. При этом основной действующей установкой должен стать токамак Т-15МД (НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва) – первый отечественный «итэроподобный» среднеразмерный токамак, полное оснащение которого системами дополнительного нагрева и диагностики плазмы предусмотрено в рамках ФП-3.

Параллельно с работами по ИТЭРу участники проекта реализуют собственные национальные программы исследований в области управляемого термоядерного синтеза с использованием разработок ИТЭР

Предварительное описание концепции установки ТРТ представлено в публикациях [15]. В ТРТ предполагается интегрировать ряд ключевых инновационных технологий, значимость которых осознана в ходе работы над проектом ИТЭР. Так, магнитная система должна быть сделана на основе

Токамак Т-15МД, Россия
Источник: НИЦ «Курчатовский институт»

Температура плазмы в EAST свыше 100 млн °С стала нормой с 2018 г., в 2021 г. при температуре 160 млн °С длительность разряда составила 20 с, а при температуре 70 млн °С – более 17 мин.

высокотемпературного сверхпроводника, работающего при высоких магнитных полях, что позволит обеспечить в камере ТРТ магнитное поле не ниже 8 Т. Предусмотрена жидкометаллическая защита первой стенки и дивертора новой конструкции. Система дополнительного (неиндукционного) нагрева будет включать систему инжекции быстрых (с энергией до 500 кэВ) нейтральных атомов мощностью в несколько десятков мегаватт, квазистационарные гиротроны мегаваттного уровня с частотой 230 ГГц и ионно-циклотронный нагрев плазмы мощностью несколько мегаватт. Диагностический комплекс должен быть адаптирован для работы на термоядерных температурах, предусмотрена система полностью автоматизированного дистанционного управления. Сооружение такой установки в РФ в значительной степени будет способствовать укреплению технологической независимости страны в части перспективных термоядерных и плазменных технологий.

Управляемый термоядерный синтез и ядерная энергетика

В последние годы заметно усилились позиции сторонников ядерной энергетики (ЯЭ), вполне обоснованно рассчитывающих на её ренессанс в XXI веке, в особенности в связи с распространением и реализацией концепции устойчивого развития [16]. Ядерная энергетика обеспечивает долгосрочное стабильное энергоснабжение при низких эксплуатационных затратах, обеспеченность топливом высокой эффективности (теплотворная способность ядерного топлива в миллион раз выше, чем у органического) и независимость от колебания цен на углеводороды, отсутствие углеродсодержащих выбросов. Последнее обстоятельство позволило даже причислить ядерную энергетику к «зеленой европейской таксономии».

Вместе с тем понятно, что сегодня общество готово будет учитывать достоинства ядерной энергетики только в случае удовлетворения относительно простых и понятных требований. Во-первых, это безусловное обеспечение безопасности в отношении крупных аварий. Угроза крупных аварий – благодатная почва для формирования негативного отношения к атомной энергетике, старательно распространяемого отдельными средствами массовой информации и пропагандистами альтернативной энергетики. Неслучайно, что после аварии на Чернобыльской атомной станции темпы роста мирового производства электроэнергии на АЭС снизились в 6 раз.

Во-вторых, мы обязаны идти по пути повышения экономической эффективности ядерной энергетики, в первую очередь, посредством снижения капитальных затрат на сооружение АЭС. В-третьих, не надо забывать, что тенденция на развитие безуглеродной энергетики – это лишь часть комплексной экологической повестки, в составе которой наличествует требование минимизации накопления радиоактивных отходов, образующихся при работе атомных станций. В перспективе желательно перейти на так называемый замкнутый ядерный топливный цикл (ЗЯТЦ), который

Энергоблок БН-600 на Белоярской АЭС
Источник: mosenergo-museum.ru

Нововоронежская АЭС
Источник: ocks-rosatoma.ru

минимизировал бы и наши потребности в добыче сырья для ядерного топлива, и объёмы отходов атомной промышленности.

Эти задачи требуют целого ряда новых научно-технических решений. Стратегией развития атомной промышленности в нашей стране взят курс на создание двухкомпонентной ядерной энергетики, включающей внедрение в энергосистему реакторов на быстрых нейтронах (РБН) в сочетании с усовершенствованием технологической базы на базе «тепловых» реакторов с планомерным переходом к замкнутому ядерному топливному циклу. При этом необходимо активизировать работы над реакторами следующего, четвертого поколения и атомными станциями малой мощности (АСММ) (см., например, [17]). Интерес к последним возрастает и в нашей стране, и во всем мире как в связи с потребностями удаленных/изолированных регионов, для которых, как показывают оценки, комбинация малых АЭС и возобновляемых источников энергии может оказаться оптимальным низкоуглеродным решением, так и в связи с возможностями кэптивного использования атомной энергии для задач промышленности, производства водорода, а также замены источников высокоуглеродной генерации, прежде всего, угольной.

Закономерен вопрос: есть ли в планах развития ядерной энергетики место для термоядерных технологий и, если да, то каково оно? Заметим, что идеи прямого использования возможностей управляемого термоядерного синтеза в атомной отрасли высказывались еще на заре термоядерных исследований. Речь, в первую очередь, идёт о концепции так называемых «гибридеров» – гибридных реакторов-размножителей, использующих термоядерную DT-реакцию преимущественно для генерации нейтронов, которые утилизируются в окружающем плазму бланкете, содержащем делящееся вещество (например, природные стабильные изотопы ^{238}U или ^{232}Th). В такой схеме именно в бланкете происходит основное тепловыделение, более чем на порядок превышающее термоядерное, и, что не менее важно, дополнительное производство делящихся изотопов как основы ядерного топлива для АЭС или боеприпасов. Эта идея довольно активно рассматривалась в конце 1970-х – начале 1980-х гг., поскольку требования к «термоядерному сердцу» гибридера – ТИНу – оказываются значительно мягче, чем к «чистому» термоядерному реактору. Более того, сегодня достижение значений параметров плазмы, необходимое для продуктивной работы гибридера, продемонстрировано экспериментально (достаточно обеспечить $Q \sim 1$, тогда как самоподдерживающаяся термоядерная реакция соответствует $Q = \infty$), равно как и наличие необходимых конструкционных и функциональных материалов. Разумеется, аварии в Чернобыле и Фукусиме косвенно сказались и на популярности концепции гибридных реакторов, которая, тем не менее, сохраняет своих сторонников и даже увеличивает их число по мере выявления очередных трудностей на пути реализации классического энергетического термоядерного синтеза по схеме ИТЭР-ДЕМО-ПТЭ.

Китай имеет последовательную программу развития по управляемому термоядерному синтезу на основе магнитного удержания плазмы. Ее итог – сооружение промышленной термоядерной электростанции

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №2(180) / 2023

НИЦ «Курчатовский институт» *Источник: atomic-energy.ru*

Концепцию гибридного реактора следует рассматривать в увязке с ключевыми проблемами атомной энергетики по обеспечению ее устойчивого развития и замыкания топливного цикла. Ряд перспективных сценариев развития мировой энергетики предусматривает опережающие темпы развития атомной энергетики, однако увеличение доли АЭС в мировой энергетике с неизбежностью приведёт к нарастающему дефициту ядерного топлива, что выводит на передний план задачу его наработки. Возможным решением этой задачи может стать развитие реакторов на быстрых нейтронах – бридеров, вырабатывающих энергию и воспроизводящих топливо из природного урана 238 (в классических реакторах на быстрых нейтронах коэффициент воспроизводства топлива оценивается на уровне 1,1–1,3), так и использование гибридеров с ТИН.

Главное преимущество гибридного реактора с ТИН по сравнению с любой другой ядерной установкой, обеспечивающей конверсию сырьевых изотопов в делящиеся, заключается в использовании термоядерных нейтронов высокой энергии (14,1 МэВ для DT-реакции), что позволяет в 5–7 раз увеличить интенсивность наработки новых делящихся изотопов из сырьевых при одинаковой мощности установок. Это важнейшее качество приводит к тому, что присутствие гибридных термоядерных реакторов в структуре ядерной энергетической системы можно ограничить лишь небольшой долей (менее 15 %) и при этом в полном объеме решить проблему обеспечения топливом. Реакторы деления, составляющие основу существующей атомной энергетики, будут обеспечены делящимися изотопами, произведенными в гибридных реакторах. Одновременно с этим гибридные реакторы будут обеспечены тритием, наработанным в реакторах деления. Особый интерес к гибридным системам проявляют страны, испытывающие быстро растущие потребности в энергоресурсах и не обладающие собственными запасами природного ядерного топлива, такие как Китай и Индия.

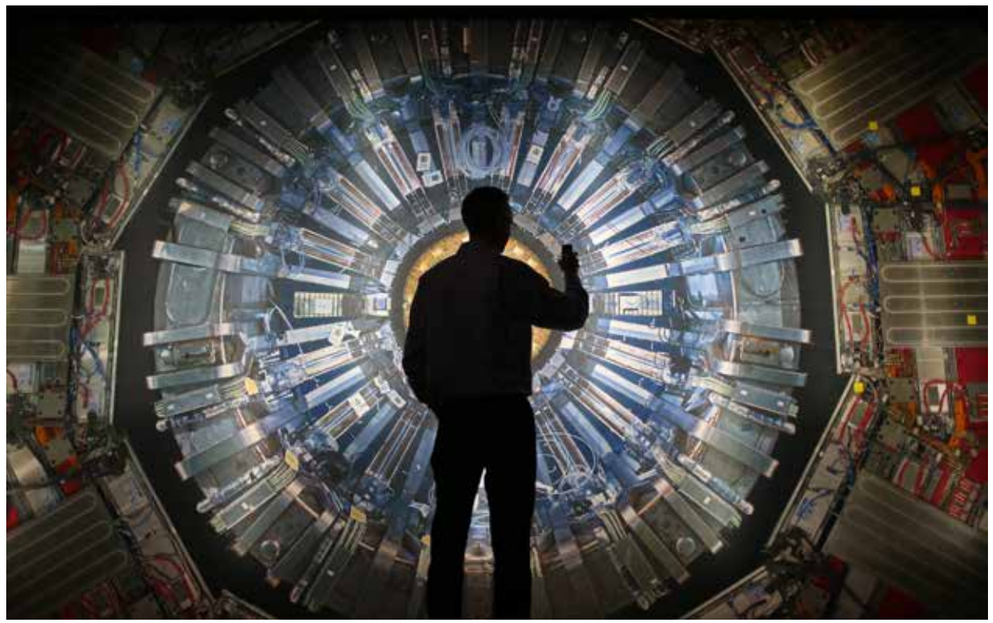
Вторая возможная задача гибридных реакторов – высокоэффективное «дожигание» минорных (младших) актинидов, накапливающихся в результате работы ядерных реакторов, – также основана на высокой энергии нейтронов – продуктов DT-реакции. Дело в том, что реакции прямого распада долгоживущих миноров (таких как ^{243}Am с периодом полураспада 7,37 тысяч лет, ^{237}Np с периодом полураспада 2,14 млн лет) под воздействием потока нейтронов – пороговые и эффективно происходят при достаточно высокой энергии налетающих нейтронов (МэВ-ого уровня). Именно такими нейтронами обладает ТИН, тогда как в нейтронном спектре РБН их доля невелика. Поэтому «дожигание» в РБН идет в основном по другому каналу – через захват нейтрона (или нейтронов), трансмутации в дочерние актиниды и их последующий распад. Но этот процесс наиболее эффективен как раз при низких энергиях нейтронов и, кроме всего прочего, добавляет продукты такого распада к отработавшему ядерному топливу, что делает использование ТИН для данной цели ещё более привлекательным.

Тем не менее, по мнению автора, ориентация ТИН на дожигание миноров в отработанном топливе не является первоочередной и первостепенной задачей для ядерной энергетики и вряд ли может служить приемлемой целью для термоядерного синтеза. Вполне работоспособным и более быстрым решением представляется использование жидкосолевого реактора-сжигателя (ЖСР-С), нейтронный спектр которого также позволяет использовать оба описанных канала дожигания миноров: прямое деление нейтронами высокой энергии и трансмутация основным количеством эпитепловых нейтронов. При этом понятно определенное преимущество дожигания в ЖСР-С по сравнению с РБН: бóльшая производительность, не требующая сложных технологических операций разделения америция и кюрия, а также фабрикации то-

В перспективе желательно перейти на замкнутый ядерный топливный цикл, который минимизировал бы потребности в добыче сырья для ядерного топлива, и объёмы отходов атомной промышленности

Возможным решением задачи дефицита сырья может стать развитие реакторов на быстрых нейтронах – бридеров, вырабатывающих энергию и воспроизводящих топливо из природного урана 238

ЦЕРН *Источник: ibtimes.com*



плива и топливных элементов с минорами. Для ТИНа же задача наработки топлива для АЭС представляется гораздо более перспективной, хотя её актуальность существенно зависит от динамики самой ЯЭ.

Заключение

Сегодня атомная отрасль России демонстрирует хорошую экономику и темпы развития. В 2022 г. АЭС России при суммарной установленной мощности свыше 29,5 ГВт выработали свыше 223,371 млрд кВт·ч электроэнергии, что превысило рекордную выработку 2020 г. (215,746 млрд кВт·ч) более чем на 3,5 %. Коэффициент использования установленной мощности составил 86,21 %; на разной стадии реализации находится сооружение 34 энергоблоков в 11 странах, а также трёх – в РФ [17]. Наряду с возобновляемыми источниками генерации ядерная энергетика считается одним из низкоуглеродных способов получения энергии, демонстрируя самые низкие выбросы (в эквиваленте CO_2) в среднем на уровне 5,5 г/кВт·ч за весь жизненный цикл. Ядерная энергетика вместе со вспомогательными и дочерними направлениями служит важной составляющей технологической платформы, обеспечивающей наряду с нефтегазовым комплексом энергетическую безопасность страны.

Экономические и технологические достижения атомной отрасли обеспечивают прогресс и в смежных отраслях, сопровождаемый решением важных социальных задач. Наиболее яркими примерами этого в последние годы стали развитие ядерной медицины, композитных материалов и аддитивных технологий, строительство атомных ледоколов и освоение Северного морского пути, ветрогенерации и пр. Все эти направления основаны на современных технологиях, отвечающих мировому уровню или даже превосходящих таковой. Вместе с тем нельзя закрывать глаза на постоянно усиливающуюся конкуренцию в сфере ядерных технологий, в первую очередь, со стороны китайских партнеров, взявших курс на освоение самого широкого спектра передовых технологий, включая реакторы поколений III+ и IV.

По данным FIA, в 2022 г. объём финансирования термоядерных исследований частным бизнесом составил более 2,8 млрд долл., продемонстрировав почти 40% роста, по сравнению с 2021 г.

Атомные ледоколы «Ямал» и «Арктика»
Источник: «Росатом»

Не следует забывать, что события последних лет доказали возможность инвертировать классическую формулировку В. И. Ленина «Политика есть концентрированное выражение экономики». Сегодняшними реалиями наглядно продемонстрировано, что развитая экономика может служить мощнейшим рычагом в достижении политических целей и быть подстроенной под эти цели, даже в ущерб собственно экономическим интересам. При этом на передний план выходит именно технологическое развитие, позволяющее обеспечить как необходимую гибкость в перестройке производственных и экономических цепочек, так и в достижении их эффективности, если не оптимальной, то хотя бы приемлемой с учетом принимаемых политических решений.

По мнению автора, Россия как передовая ядерная держава должна обладать всем спектром ядерных технологий, что необходимо для гарантированного обеспечения устойчивости в указанной сфере. В полной мере это относится как к ядерным реакторным технологиям поколения IV, так и к технологиям управляемого термоядерного синтеза, с одной стороны, расширяющим этот спектр, а, с другой стороны, как показывает опыт ИТЭРа, выступающим мощным драйвером развития смежных направлений, потенциально востребованных в XXI веке, прежде всего, развивающейся энергетикой. Сверхпроводимость, мощная электротехника, криогеника, вакуумные системы, высокоэффективное насосное и компрессорное оборудование, радиохимия, высокопрочные материалы, мощная высокочастотная радиоаппаратура, прецизионная оптика – этот список легко может быть продолжен. Исследования по термоядерному синтезу уже сейчас имеют технологический «выхлоп», оправдывающий помимо всего прочего вкладываемые средства. Индикатором этого может служить резко выросший в последние 3–4 года интерес частных инвесторов и бизнес-структур, выраженный в объеме вкладываемых средств. По данным Fusion Industry Association в 2022 г. объём финансирования термоядерных исследований частным бизнесом составил более 2,8 млрд долл., продемонстрировав почти 40 % роста, по сравнению с 2021 г. [18]. Возможно, не последнюю роль в этом процессе играют публично обозначенный интерес к управляемому термоядерному синтезу таких крупных бизнесменов как В. Гейтс, Дж. Безос и др., а также аннотированное достижение значения Q ≈ 1,5 в эксперименте на лазерной установке NIF (Ливермор, Калифорния) в декабре 2022 г. Тем не менее, указанные объёмы слишком велики, чтобы быть следствием лишь отдельных мнений и событий. Скорее, происходит осознание того, что системная работа в научно-обоснованном направлении неизбежно закончится успехом, каким сложным и дорогостоящим бы это направление не было.

В России это осознание послужило движущей силой для разработки и запуска несколько лет назад программы РТТН. Задачей сегодняшнего дня, непосредственно связанной с обеспечением энергетической безопасности страны на ближайшие десятилетия – общей для инициаторов этой программы, ответственных исполнителей и руководителей властных структур – является её полноценная реализация в отведённые сроки.

Использованные источники

1. *Clery D. Out of Gas. Science 2022, 376 (6600), 1372-1376; Jassby Daniel. Fusion Reactors: Not What They're Cracked Up to Be. Bull. of the Atomic Scientists, April 19, 2017.*
2. *Мирнов С.В. Токамаки: триумф или поражение? // Природа, 1999. Вып.11, С. 10–22; вып.12. С. 26–37.*
3. *Велихов Е.П., Смирнов В.П. Состояние исследований и перспективы термоядерной энергетики // Вестник РАН, 2006. 76 (5). С. 419–426.*
4. *Стрелков В.С. Термоядерная энергетика: 60 лет исследований. Что дальше? Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2016. 39 (1). С. 5–14.*
5. *Велихов Е.П., Ильгисонис В.И. Перспективы термоядерных исследований // Вестник РАН. 2021 (5). С. 470–478.*
6. *Ильгисонис В.И. Ключи к дверям будущего: отраслевая наука как фундамент национальной безопасности // Вестник Атомпрома. 2020. Вып. 1. С. 54–61.*
7. *Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 г. № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации". – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/47046*
8. *Energy Dictionary/ World Energy Council. – Paris: Jouve SI, 1992. – 635 p.*
9. *World Energy Trilemma Index 2022. – URL: https://www.worldenergy.org/assets/downloads/World_Energy_Trilemma_Index_2022.pdf?v=1669839605*
10. *Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. – URL: https://minenergo.gov.ru/node/1026*
11. *Указ Президента Российской Федерации от 13 мая 2019 г. № 216 "Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации". – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/44252*
12. *J. Zheng, J. Qin, K. Lu, et al. Recent progress in Chinese fusion research based on superconducting tokamak configuration. The Innovation, 2022, 3 (4), 100269. doi.org/10.1016/j.xinn.2022.100269*
13. *Rodriguez-Fernandez, P., et al. Overview of the SPARC physics basis towards the exploration of burning-plasma regimes in high-field, compact tokamaks, Nucl. Fusion, 2022, 62042003.*
14. *Ильгисонис В.И., Ильин К.И. и др. О программе российских исследований в области управляемого термоядерного синтеза и плазменных технологий // Физика плазмы. 2021. 47 (11). С. 963–969.*
15. *Физика плазмы. 2021, 47 (11-12); 2022, 48 (12).*
16. *UN, 2017. Resolution adopted by the General Assembly on 6 July 2017. ARES/71/313. Work of the Statistical Commission pertaining to the 2030 Agenda for Sustainable Development.*
17. *Новак А.В. Атомная энергия XXI века: доступность, экологичность, надежность // Энергетическая политика. 2022 (12). С. 6–11.*
18. *The global fusion industry in 2021. CPS21.179, UKAEA, 2022, 49 pp.*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №2(180) / 2023

УДК 621.311 DOI 10.46920/2409-5516_2023_2180_32 EDN: SAWIDW

Устойчивое развитие энергетики: тенденции и вызовы

Sustainable energy development: trends and challenges

Валерий СТЕННИКОВ
Директор Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, академик РАН
e-mail: sva@isem.irk.ru

Valery STENNIKOV
Director Meleniev Energy Systems Institute SB RAS, academician of RAS
e-mail: sva@isem.irk.ru

Красноярская ГЭС на реке Енисей

Источник: kkartash / depositphotos.com

Аннотация. Анализируются особенности энергетического перехода, его мотивирующих факторов, направленных на удовлетворение потребностей в энергии без ущерба для окружающей среды, развитие систем в виде распределенной архитектуры с коллективным участием в их управлении, интеллектуализация процессов функционирования на базе человеко-машинных систем с координированным управлением. Рассматриваются направления трансформации энергетических систем под влиянием интенсивно развивающихся технологических инноваций, имплементации в энергетику информационно-коммуникационных систем, методов интеллектуального управления.
Ключевые слова: энергетические системы, энергопереход, технологические инновации, трансформация, структура, экология.

Abstract. The paper presents an analysis of the features of the energy transition, its motivating factors aimed at meeting energy needs without harming the environment, the development of systems in the form of a distributed architecture with collective participation in their management, and the smartization of operational processes based on human-machine systems with coordinated control. The consideration is given to the directions of energy systems transformation under the influence of intensively evolving technological innovations, implementation of information and communication systems in the energy sector, and methods of intelligent control.
Keywords: energy systems, energy transition, technological innovations, transformation, structure, ecology.

> **Энергопереход – это нечто большее, чем решение климатических проблем, это обеспечение энергетической независимости и энергоэффективности**

Введение

Глобальные тренды, развиваемые в энергетике в рамках энергоперехода, представляют собой объективную реальность, которая не зависит от каких-либо конъюнктурных или политических предпочтений. Пренебрежение этими тенденциями будет только тормозить развитие систем и не исключает их реализацию сейчас или в будущем.

Серьезным вызовом в энергетике является возрастающая активность потребителей в управлении своим энергопотреблением. Она проявляется не только в части спроса на энергию, а также в части поставки ее в систему. Другие вызовы связаны с развитием малой распределенной генерации энергии и децентрализацией энергоснабжения, что мы уже ощущаем по сокращению системных перетоков электроэнергии. Следует отметить нарастающую активность цифровизации, а на следующем шаге и интеллектуализацию систем.

Ответом на эти вызовы должны быть, и уже фактически являются, развитие энергетики в направлении пересмотра принципов их построения, создание распределенных архитектур, интеграция технологических систем в виде единых метасистем, цифровизация, «Интернет-энергии» и других технологий.

Особенности энергоперехода

Объективно-обусловленные тенденции, происходящие в российской энергетике, как и в энергетике других стран, связаны с переходом от вертикально подчиненной структуры к горизонтальным принципам управления [1] и построения систем с равномерно распределенными генерирующими источниками электрической и тепловой

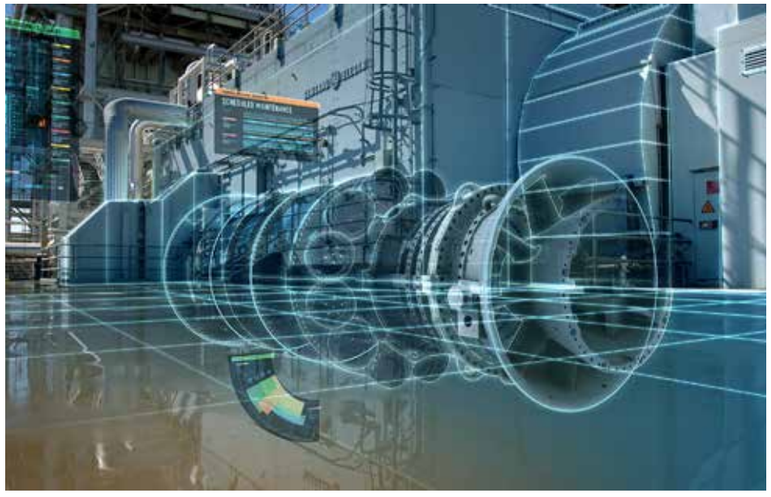
энергии и потребителями с управляемым ими спросом.

Во многом это обусловлено и корреспондируется с глобальными вызовами, имеющими место в мировой энергетике. Они определяются, прежде всего, двумя основными направлениями развития. Первое из них предполагает осуществление энергетического перехода, как объективно предопределенного сменой технологического уклада и переходом к обществу знаний, цифровым системам, информационным-телекоммуникационным технологиям, интеллектуальному управлению и т. п. Базовыми принципами его является индивидуализация, «интеллектуализация» производства и потребления. Активность потребителей и развитие рынка новейших технологий и оборудования мотивировали энергопереход, к основным положениям осуществления которого нередко относят концепции 3-х Д (Декарбонизация, Децентрализация, Диджитализация) и 3-х С (Со-обеспечение, Со-организацию, Со-развитие) [2]. Первая из них предполагает, прежде всего, технологические преобразования, а вторая – организационные.

В рамках энергоперехода трансформация энергетических систем осуществляется в направлениях применения конвергентных технологий, пересмотра принципов их построения, создания распределенных архитектур, интеграции технологических систем, цифровизации на основе M2M межмашинного взаимодействия (M2M), ИНТЕРНЕТ-вещей (IoT), мобильной связи (5G и выше поколений).

Энергетическая система будущего рассматривается подобной ИНТЕРНЕТ инфраструктуре (энергетический ИНТЕРНЕТ), что обуславливает появление у них новых и эволюцию существующих свойств, необходимость проведения активных исследований и развития теории системных исследований в направлении изучения свойств, развития методических подходов анализа и синтеза систем [3].

Теплоснабжение в России по уровню теплопотребления более чем в два раза превышает электропотребление. По установленной мощности теплоисточники в 3 раза превосходят мощность электрогенерации



Digital Twin цифровой двойник NX
Источник: mediarb.ru

Второе направление, в большей мере как тренд, позиционируется в рамках обеспечения углеродной нейтральности экономики в целом и энергетики в частности.

Нередко энергопереход ассоциируют с отказом от использования углеводородного топлива с целью сокращения выбросов двуокиси углерода, т. е. направлением, получившим название «безуглеродной энергетики». В то же время «безуглеродную энергетику» считают первопричиной энергетического перехода и связывают с определяющим негативным воздействием энергетики на глобальное потепление климата на Земле. Однако, по сути, энергопереход – это нечто большее; не только решение климатических проблем, но и обеспечение энергетической независимости, основанное на энергоэффективности, снижении парниковых выбросов, использовании возобновляемых источников энергии и т. д. Энергетический переход обусловлен складывающейся объективной реальностью, это социально-технологическое явление, а требования по выбросам парниковых газов представляют ограничения для энергперехода, с учетом которых должна развиваться энергетика.

Структурные преобразования энергетических систем

Энергетический переход приводит к развитию распределенной (малой) генерации энергии и созданию централизованно-распределенных систем. Это значительно повышает значимость распределительного электросетевого комплекса и требует к нему повышенного внимания. Причем этот фактор становится значимым не только для электросетевого комплекса, он затрагивает газо-, нефте- и теплоснабжающие системы [4].

Вышеперечисленные аспекты имеют свои особенности и по-разному проявляются в различных пространственно-распределенных регионах России, представляются очень актуальными как для России в целом, так и для Иркутской области в частности.

Распределенные (малые) источники генерации энергии принципиально изменяют архитектуру и принципы построения энергосистем. От традиционно однонаправленной системы: источник-сети-потребитель они переходят к многонаправленной системе, включающей передачу из системы к потребителю и от потребителя в систему. Это существенно меняет построение распределительного электросетевого комплекса. По своему построению он становится таким же, как и крупные системообразующие комплексы, что требует изменения подходов к управлению его развитием и функционированием. Многие вопросы приобретают новое содержание и характер решения в результате цифровизации и последующей интеллектуализации энергетических систем. Применение интеллектуального прогнозирования и управления режимами позволяет повысить точность их планирования, уменьшить дефицит мощности, минимизировать участие диспетчера в этом процессе и т. п. [5].

Иркутская ГЭС
Источник: tilpich.yandex.ru / depositphotos.com

Если в России в целом доля угля составляет 12%, то в Сибири - 86%, а на Дальнем Востоке – 62%. Сохранение использования угля в этих регионах делает проблематичным сокращение эмиссии CO_2

Формирование больших комплексов генерации энергии на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также несовпадение центров их сосредоточения с местами расположения потребителей приводит к необходимости формирования межгосударственных энергетических объединений (МГЭО), таких как европейское суперэнергообъединение на базе ВИЭ, Североамериканское МГЭО, МГЭО Стран АСЕАН, Азиатское суперэнергообъединение, Глобальное суперэнергообъединение и др. [6]. Аналогичное объединение стран Азии периодически рассматривается и с возможным вовлечением в него восточных региональных энергосистем. В отличие от ранее рассматриваемых проектов, когда экспорт электроэнергии осуществляется в одном направлении из страны с избыточной энергией в страну с дефицитом энергии, в последние годы предлагается объединение энергосистем, например Сибири (где годовой максимум электрической нагрузки приходился на зиму) и Северного Китая, обеспечивающее организацию обмена сезонными избытками электроэнергии за счёт разносезонности наступления годовых максимумов нагрузки в указанных системах. В частности, летом электроэнергия может передаваться из России в Китай, а зимой – наоборот.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №2(180) / 2023

Серьезные изменения происходят в развитии теплоснабжающих систем. Прежде всего, они связаны с переходом от принципов пассивного качественного управления к идеологии активного количественного регулирования отпуска тепловой энергии. Другим важным направлением является разделение систем теплопотребления, тепловых сетей и источников на независимые контуры с помощью установки теплообменников. Совместно они позволяют обеспечить регулирование температуры в помещениях в соответствии с фактической температурой наружного воздуха в реальном времени, повысить надежность и качество теплоснабжения.

«Сила Сибири», Атаманская КС
Источник: «Газпром»

В таких системах повышаются возможности перспективного развития, позволяющие осуществить интеграцию возобновляемых источников энергии и реализовать идеологию управления спросом самими потребителями, в том числе с включением их источников и аккумуляторов энергии в теплоснабжающую систему. Это направление активно развивается в мире и до последнего времени имело определенные начала в отечественных системах [7]. Вместе с тем, внесенные в 2022 г. изменения в ФЗ «О теплоснабжении» приостанавливающие перевод существующих систем теплопотребления на закрытую схему горячего водоснабжения будут сдерживать технологическое развитие теплоснабжения.

Энергетика и экология, тенденции и перспективы

Следует отметить, что теплоснабжение в России по уровню теплопотребления в сопоставимых единицах более чем в два раза превышает электропотребление. По установленной мощности теплоисточники более чем в 3 раза превосходят мощность электрогенерации. Они в наибольшей степени воздействуют на окружающую среду, так как работают в неэкономичных режимах, характеризуются большой изношенностью, низким коэффициентом использования установленной мощности и т. п. Прежде всего, это характерно для условий Сибири и Дальнего Востока, где превалирующим видом топлива является уголь. Так, если для России в целом доля угля составляет 12 %, то для Сибири она равна 86 %, а для Дальнего Востока – 62 %. Сохранение использования угля в этих регионах делает проблематичным выполнение повышенных требований по экологии и эмиссии двуокиси углерода, что диктуется внешнеэкономическими требованиями и долгосрочными ориентирами «Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.» Эмиссия двуокиси углерода здесь в удельном выражении более чем в два раза превосходит среднероссийские уровни и стран Северо-Восточной Азии. Отставание по удельным расходам топлива на производство электроэнергии на ТЭС составляет от 23 до 215 %. В связи с этим необходимо планировать развитие энергетики региона с учетом стоящих перед энергетикой внешних вызовов [5].

Анализ структуры совокупных выбросов парниковых газов по секторам экономики показывает, что наибольшую величину они имеют в сфере энергетики, и в целом не могут быть компенсированы поглощающей способностью российских лесов. Сибирь и Дальний Восток обладают наибольшей углеродоемкостью отпускаемой электрической и тепловой энергии. Наибольшие объемы CO_2 поглощают «управляемые леса» (за счет расширения площади посадок) Сибири и Дальнего Востока (а именно Республики Саха (Якутия), Красноярского края, Иркутской области и Хабаровского края). Это напрямую связано с общей площадью этих лесов. В то же время удельные показатели поглощения

ТЭЦ в г. Байкальск
Источник: newsae.ru

для Сибири и Дальнего Востока – одни из самых низких в стране в силу суровых климатических условий. Однако учитывая огромные площади этих территорий, почти половину всего вклада в абсорбцию углекислого газа управляемыми лесами России, вносит азиатская часть страны.

Важнейшим направлением экологического оздоровления для регионов Сибири и Дальнего Востока является переход от сжигания угля на использование природного газа с широким охватом населения, социальной сферы и производственной деятельности с получением максимума добавленной стоимости. В силу экономических факторов и обеспечения доступности природного газа для потребителей целесообразно его комплексное освоение и использование, включая промышленное применение и экспорт в трансграничные территории азиатского региона. Формирование газотранспортной системы на востоке страны обеспечит пространственное развитие регионов и страны в целом, энергетическую безопасность и надежность их энергоснабжения, а также интеграцию в энергетические рынки стран СВА.

В локальных системах целесообразно ориентироваться на местные энергоресурсы, на нетрадиционные и возобновляемые ресурсы, которые позволят не только снизить экологическую нагрузку, но и уменьшить затраты бюджета на доставку топлива в отдаленные северные регионы. Здесь привлекательным может быть применение, прежде всего, для теплоснабжения древесных отходов.

Наиболее жесткие экологические требования определены для Центральной экологической зоны Байкальской природной территории (ЦЭЗ БРПТ), где запрещены некоторые виды деятельности, в том числе строительство новых угольных котельных с одновременным определением возможности проведения реконструкции существующих угольных котельных. К объектам энергетики на территории этой зоны отнесены ТЭЦ г. Байкальска и многочисленные котельные, в большинстве из которых сжигается уголь [8]. Здесь эффективное экологически чистое энергоснабжение (включая теплоснабжение), как показывают многочисленные исследования, можно осуществить только на базе централизованного электроснабжения. Лишь в отдельных пунктах (в небольшом количестве) могут быть использованы возобновляемые источники энергии, где это будет эффективным.

Проблемы энергосбережения и их решение

Важнейшим направлением сохранения ресурсного потенциала и экологического оздоровления может быть энергосбережение и повышение энергетической эффективности. При производстве, потреблении, и транспорте энергоресурсов в России по укрупненным оценкам теряется около трети расходуемого топлива, примерно такие же оценки соответствуют Иркутскому региону. Потенциал энергосбережения в России, по предварительным оценкам, составляет не менее 400 млн тонн условного топлива. Реализация этого потенциала позволит существенно оздоровить окру-

В локальных системах целесообразно использовать местные, нетрадиционные и возобновляемые ресурсы, которые позволят снизить экологическую нагрузку и уменьшить затраты на доставку топлива

Анализ современных тенденций показывает, что цифровизация становится высокоэффективным инструментом, который позволяет существенно улучшить функционирование и развитие энергетики

жающую среду и снизить финансовую нагрузку на потребителей. Необходимо отметить, что следует комплексно подходить к проблеме энергосбережения, поскольку локальные мероприятия по экономии энергии у одних потребителей могут приводить к увеличению затрат у других потребителей. Эффективными представляются мероприятия по энергосбережению в системах энергоснабжения, которые ведут к снижению затрат у всех потребителей. Наиболее рациональной может быть схема энергосбережения, когда экономия от реализации одних мероприятий направляется на выполнение других энергоэффективных мероприятий [9]. Необходимо, чтобы регламентации закона «Об энергосбережении и эффективном использовании энергии» действовали на всех, кто проживает и работает на территории страны, в том числе и на энергоснабжающие организации и производственные компании.

С целью стимулирования энергосбережения и повышения энергоэффективности нередко применяются различные механизмы, к числу которых относится тарифное регулирование. Для этого используют двухставочные тарифы в виде ставки за мощность и ставки за энергию. Для небольших потребителей они могут преобразовываться в одноставочные, однако при этом учитываются обе ставки. Это позволяет учитывать экономию как по мощности, так и по энергии, что значительно усиливает эффект от экономии энергоресурса. Стимулирующим фактором повышения энергосбережения и энергоэффективности также является дифференциация тарифов по зонам суток для всех групп потребителей.

Анализ современных тенденций глобального энергетического перехода показывает, что цифровизация становится высокоэффективным инструментом, который позволяет существенно улучшить функционирование и развитие энергетики. В развитых странах активно внедряются технологии Smart Grid и Smart Meters, прежде всего, в распределительном электросетевом комплексе. В России есть положительные примеры развития этих новейших направлений, но в целом этот процесс находится в начальной стадии. Ключевыми элементами в структуре «умных сетей» и «умных измерений» являются развитые измерительные системы, охватывающие все основные элементы энергосистемы. Только развитые системы учета позволяют получить объективную информацию о состоянии энергообъектов и на её основе сформировать оптимальные управляющие воздействия. Первичным источником информации в подавляющем большинстве случаев являются современные «интеллектуальные» счетчики электрической и тепловой энергии, которые позволяют не только собирать информацию в темпе процесса, но и формировать определенный набор управляющих воздействий (включение-отключение).

Ремонт ЛЭП

Источник: fototelegraf.ru

ЛЭП в Усть-Илимске

Источник: Евгений Лобанов / ilim24.ru

Заключение

В заключении следует отметить, что трансформация энергетических систем в условиях энергоперехода проходит одновременно по многим взаимосвязанным направлениям – экология, технология, принципы структурной организации, взаимодействие на глобальном уровне и т. д. Каждое из этих направлений оказывает существенное воздействие на трансформацию энергетических систем в различных временных разрезах – от краткосрочных до долгосрочных.

Работа выполняется в рамках государственного задания (№ FWEU-2021-0001). Программа фундаментальных исследований Российской Федерации на 2021-2030 гг., регистрационный номер: АААА-А21-121012090012-1.

Статья для журнала подготовлена в качестве доклада для Первой научно-практической конференции «Территория энергетического диалога», организованной РЭА Минэнерго России и Фондом «Росконгресс» при поддержке Минэнерго России.

Использованные источники

1. *Смородинская Н.В. Глобализация экономики: от иерархий к сетевому укладу. /- М.: Изд-во ИЭ РАН, 2015. 344 с.*
2. *Холкин Д., Чаусов И. Новая формула энергетического перехода // Энергетическая политика. 2020. №12. С. 40–54.*
3. *Воропай Н.И, Стенников В.А. Интегрированные энергетические системы – будущее энергетики / - М: Изд-во ИНП РАН. 2016. 52 с.*
4. *Есяков С.Я., Лунин К.А., Стенников В.А., Воропай Н.И., Редько И.Я., Баринов В.А. Трансформация электроэнергетических систем // Электроэнергия. Передача и распределение. 2019. № 4. С. 134–141.*
5. *Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН – Московская*
6. *школа управления СКОЛКОВО. – Москва, 2019. 210 с. ISBN 978-5-91438-028-8.*
7. *Podkovalnikov S., Trofimov I., Trofimov L., Chudinova L. The computing and information system for study of scenarios for interstate power grids expansion // Proceedings of the 16th International Conference on Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, ECTI-CON 2019. ID: 8955179. P.1-4. ISBN (print): 9781728133614. DOI: 10.1109/ECTI-CON47248.2019.8955179.*
8. *Стенников В.А., Пеньковский А.В. Рынок тепла: мировой опыт развития централизованного теплоснабжения // Энергетическая политика. 2021. № 10. С. 3–8.*
9. *Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Майсюк Е.П., Тугузова Т.Ф., Иванов Р.А. Энергетическая инфраструктура центральной экологической зоны: воздействие на природную среду и пути его снижения // География и природные ресурсы. 2016. №5. С.218–224.*
10. *Стенников В.А., Еделева О.А., Майсюк Е.П., Соколов П.А. Применение энергосберегающих мероприятий в тепловом хозяйстве на примере Байкальской природной территории // Сб.тр. II Междунар. науч. конф. «Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития». – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ. 2019. С.71–75.*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №2(180) / 2023

УДК 338 DOI 10.46920/2409-5516_2023_2180_40 EDN: QTFKDF

Формирование механизмов управления устойчивым развитием экономики промышленных отраслей и комплексов

Formation of mechanisms for managing the sustainable development of the economy of industrial sectors and complexes

Виктор АБРАМОВ
Профессор кафедры управления бизнес-проектами факультета бизнес-информатики и управления комплексными системами Национального исследовательского ядерного университета МИФИ, д. э. н.
e-mail: VIAbramov@mephi.ru

Viktor ABRAMOV
Doctor of Economics, Professor, Department of Business Project Management, Faculty of Business Informatics and Integrated Systems Management, National Research Nuclear University MEPhI
e-mail: VIAbramov@mephi.ru

Александр ПУТИЛОВ
Профессор, д. т. н., декан факультета бизнес-информатики и управления комплексными системами Национального исследовательского ядерного университета МИФИ
e-mail: AVPutilov@mephi.ru

Alexander PUTILOV
Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Business Informatics and Integrated Systems Management, National Research Nuclear University MEPhI
e-mail: AVPutilov@mephi.ru

Екатерина ШАМАЕВА
Доцент, к. т. н., ведущий специалист Центра проектирования устойчивого развития институтов гражданского общества Государственного университета управления
e-mail: ef_shamaeva@guu.ru

Ekaterina SHAMAEVA
PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Leading Specialist of the Center for Designing Sustainable Development of Civil Society Institutions, State University of Management
e-mail: ef_shamaeva@guu.ru

Аннотация. Представлен системный, энергетический взгляд на проблемы управления устойчивым развитием регионов, промышленных отраслей и комплексов. Создание новых возможностей для устойчивости развития экономик промышленных отраслей и комплексов основано на повышении энергоэффективности и внедрении инноваций. На основе системно-энергетической методологии предложены методические рекомендации для решения задач оценки инноваций, система критериев состояния промышленных отраслей и комплексов во взаимосвязи с региональной средой.
Ключевые слова: устойчивость, системно-энергетический анализ, промышленные отрасли и комплексы, энергетические показатели, энергетические критерии развития.

Abstract. A system-energy view of the problems of managing the sustainable development of regions, industries and complexes is presented. Creating new opportunities for the sustainable development of the economies of industrial sectors and complexes is based on improving energy efficiency and introducing innovations. Based on the system-energy methodology, methodological recommendations are proposed for solving the problems of assessing innovations (innovations), a system of criteria for the state of industrial sectors and complexes in conjunction with the regional environment.
Keywords: sustainability, systemic energy analysis, industrial branches and complexes, energy indicators, energy development criteria.

“Наименьшее значение показателя «совокупное качество жизни» в УФО показывает Курганская область – соответствующее 2,71 кВт на человека

Введение

Ученые разных отраслей знания и политики по-разному трактуют понятие «устойчивое развитие»: определений довольно много, но общепринятого и готового на все случаи жизни пока нет.

На русский язык английский термин «sustainable development» был переведен как «устойчивое развитие», хотя в англо-русских словарях имеются и другие значения слова «sustainable»: сохраняющееся, защищаемое (развитие), непрерывное, самоподдерживаемое.

Устойчивое развитие принято рассматривать через взаимодействие предметных компонентов: экологической целостности, эффективности экономической деятельности, справедливости государства, бизнеса и общества, а для измерения мировым сообществом предложен набор из более, чем 100 индикаторов, характеризующий разные аспекты регионального развития. Отметим, что предложенная методология базируется на разнородных, несоразмерных мерах, а для осуществления операций используется процедура нормирования, которая не решает адекватно проблему разнородности и оставляет открытым вопрос поиска варианта развития, порождает ложные оценки и, как следствие, неэффективное управление.

Сегодня в России начат новый виток в осознании концепции устойчивого развития, когда на первый план вышли задачи обеспечения устойчивости экономики и энергетической, экологической, технологической безопасности страны. Востребованы стали отечественные подходы к управлению устойчивым развитием, отражающие фундаментальные научные основания взаимодействия в системе «природа – общество – технологии – человек». В научном поле появляются работы, посвященные природоподобным технологиям и устойчивости социально-экономического и экологического развития, в области системно-энергетического анализа и энергетических измерителей.

Современное состояние проблемы управления устойчивым развитием

Объектом управления проекта являются любые ограниченные временем и пространством системы, поддающиеся разработке и реализации: технические, информационные, экономические, политические, социально-природные и другие. Это сложный процесс, который охватывает весь жизненный цикл проекта, связывает исходную ситуацию с целью проекта – его конечным результатом. Следует признать, что общепринятого определения «проект» не существует, однако интуитивно большинство людей адекватно воспринимают термин «проект» и адаптируют это понятие к каждому сегменту реального сектора экономики.

Рассмотрим несколько подробнее одно из определений, используемое как общее в методологии управления проектами. Учитывая специфику проектного управления устойчивым развитием, уточним данное определение: проект – это ограниченное по времени и пространству целенаправленное изменение отдельной системы, являющейся объектом проектирования. В данном уточнении мы акцентируем внимание на два обстоятельства:

1. Любое изменение ограничено не только временем, но и пространством. Не существует примера, когда какое-либо изменение протекает без и вне пространства.
2. Каждая отдельная система является объектом проекта (проектирования), любой проект начинается с некоторой инициативы: инициатор – сторона, являющаяся автором главной идеи проекта, его предварительного обоснования и предложений по осуществлению проекта.

Сегодня в России запущен новый виток в осознании концепции устойчивого развития, когда на первый план вышли задачи обеспечения устойчивости экономики и энергетической безопасности страны

Ветровая электростанция, Дания
Источник: Mactrunk / depositphotos.com

В качестве инициатора может выступать практически любой из будущих участников проекта, но, в конечном счете, деловая инициатива по его осуществлению должна исходить от заказчика. Проект должен обрести главное заинтересованное лицо (организацию) – сторону, которая является будущим владельцем и пользователем результатами проекта и несет за него ответственность. В рассматриваемой нами промышленной нише – атомной отрасли – есть главное действующее лицо – Госкорпорация «Росатом» (хозяйствующий субъект с определенным объемом государственных функций), а также большое число федеральных органов исполнительной власти, заинтересованных в устойчивом и безопасном развитии этого промышленного комплекса. Конечно, главная задача развития атомной отрасли – атомная энергетика (как создание АЭС, так и обеспечение их ядерным топливом). Но, вместе с тем, ядерные технологии используются в оборонных и медицинских целях, при создании принципиально новых материалов и массе других полезных промышленных приложений.

Каждый проект может затрагивать интересы различных сторон: местных властей, бизнес-структур, общественных групп, населения и отдельных граждан – это все участники проекта. Очевидно, что для любого проекта принципиальный состав функций остается неизменным. Однако в простейшем, вырожденном случае все основные функции проекта могут осуществляться и одним юридическим лицом. В другом крайнем случае, (например, разработка и создание нового технологического комплекса по замыканию ядерного топливного цикла) мы, очевидно, сталкиваемся с полным и многочисленным набором участников с детальным разделением функций. На практике же мы имеем дело в большинстве случаев с промежуточными структурами участников проекта. Будучи реализованными, проекты производят изменения в промышленном комплексе, во внутреннем мире человека и окружающей его социально-природной среде. Следовательно, конечным результатом проектирования являются изменения в реальном мире – системе «природа – общество – человек», если проект не вносит «изменений», то он безрезультатен. Однако не всякое изменение может быть приложено к понятию устойчивого развития.

После открытия закона сохранения энергии и второго начала термодинамики представители естественных наук (С. А. Подолинский, Г. Одум, П. Г. Кузнецов) стали применять энергетические меры для изучения биологических, геологических, социально-экономических систем. В 70–80-х гг. XX столетия в системно-

Европейская ветровая генерация
Источник: chungking / depositphotos.com

Сейчас востребованы отечественные подходы к управлению устойчивым развитием, отражающие фундаментальные научные основания взаимодействия в системе «природа – общество – технологии – человек»

энергетических исследованиях используются математическое моделирование связей энергетики и экономики [1, 2], а также стоимостные и энергетические меры [3, 4].

В соответствии с выделенными многочисленными исследователями устойчивого развития типами изменений рост, развитие, неустойчивое и устойчивое развитие определяются так:

1. Рост – увеличение возможностей социально-экономической системы в основном за счет роста потребления ресурсов из внешней среды (социальной и природной), а не за счет увеличения эффективности использования имеющихся внутренних ресурсов системы.
2. Развитие – рост возможностей системы в основном за счет повышения эффективности использования внутренних ресурсов, а не за счет увеличения потребления ресурсов из внешней среды.
3. Инновационное развитие – развитие за счет повышения эффективности использования ресурсов посредством реализации новаций, включая более совершенные технологии, приносящие больший доход. Устойчивое инновационное развитие – это инновационное развитие за счет повышения качества управления, уменьшения потерь при сохранении темпов потребления ресурсов и продолжением развития в условиях негативных внешних и внутренних воздействий.
4. Неустойчивое развитие – это развитие в течение короткого отрезка времени, за пределами которого развитие прекращается – система

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №2(180) / 2023

оказывается в ситуации стагнации и последующей деградации. Управление устойчивым инновационным развитием – это целенаправленное изменение объекта управления, обеспечивающее рост возможностей системы за счет повышения эффективности использования ресурсов, реализации более совершенных идей, проектов, технологий, приносящих больший доход, повышения качества управления, уменьшения потерь при не увеличении темпов потребления ресурсов с сохранением развития в условиях негативных внешних и внутренних воздействий.

Горбатый кит

Источник: vladsilver / depositphotos.com

Устойчивость предполагает использование ресурсов для удовлетворения потребностей настоящего без ущерба для будущих поколений [5]. Однако, в условиях несбалансированного спроса-предложения возникают кризисы. Как отмечает вице-премьер РФ А. Новак [6]: «У энергетических кризисов в разных странах мира – одинаковые предпосылки. В первую очередь, это превышение спроса над предложением в силу восстановления экономики после пандемии, а также попытка ограничить финансирование проектов традиционных источников энергии и, как следствие, снижение производственных мощностей. В результате цены на газ и уголь на мировых рынках во второй половине прошлого года подскочили в несколько раз. Эпицентром энергетического кризиса стала Европа. Собственная добыча газа здесь неуклонно падает в течение последних четырех лет. Например, по итогам 10 месяцев 2021 г. добыча в Великобритании, Нидерландах, Германии, Италии, Польше, Дании, и Румынии составила 55,2 млрд м^3, что на 14 % ниже, чем за аналогичный период прошлого года (63,9 млрд м^3). По итогам 2018 г. добыча в этих странах почти достигала 94,6 млрд м^3, 2019 г. – 88,4 млрд м^3, 2020 г. – 78,4 млрд м^3. При этом продолжается политика по закрытию газовых месторождений. Европа в последние годы делала ставку на альтернативные источники энергии. Однако в прошлом году наблюдались слабые ветра в Северном море, что существенно снизило выработку электроэнергии на ветровых электростанциях».

Мониторинг достижения целей устойчивого развития, управление этим процессом и оценка его эффективности требует разработки соответствующих систем устойчивых критериев и показателей [7]. Сегодняшняя глобальная экономика поставила государства и общества в критическую ситуацию. Наиболее очевидным фактом является то, что величайшие проблемы нашего времени нельзя понять изолированно. Это системные проблемы, а значит, они взаимосвязаны и взаимозависимы. Для решения системных проблем нужны системные решения.

Методология системно-энергетического анализа развития территорий

Особенностью используемой методологии является системно-энергетический (мощностной) анализ, основанный на использовании физико-экономических величин, которые признаны адекватными для описания природных систем и достаточно применимы для оценки социально-экономических явлений [1, 2]. В системно-энергетической парадигме взаимодействия описываются в терминах закона сохранения мощности (рис. 1), где промышленные отрасли и комплексы описываются как обобщённая машина, которая получает из окружающей среды определённый поток энергии (N), с определённой эффективностью (φ) преобразует её в полезный продукт (P) и потери (G) [1, 2].

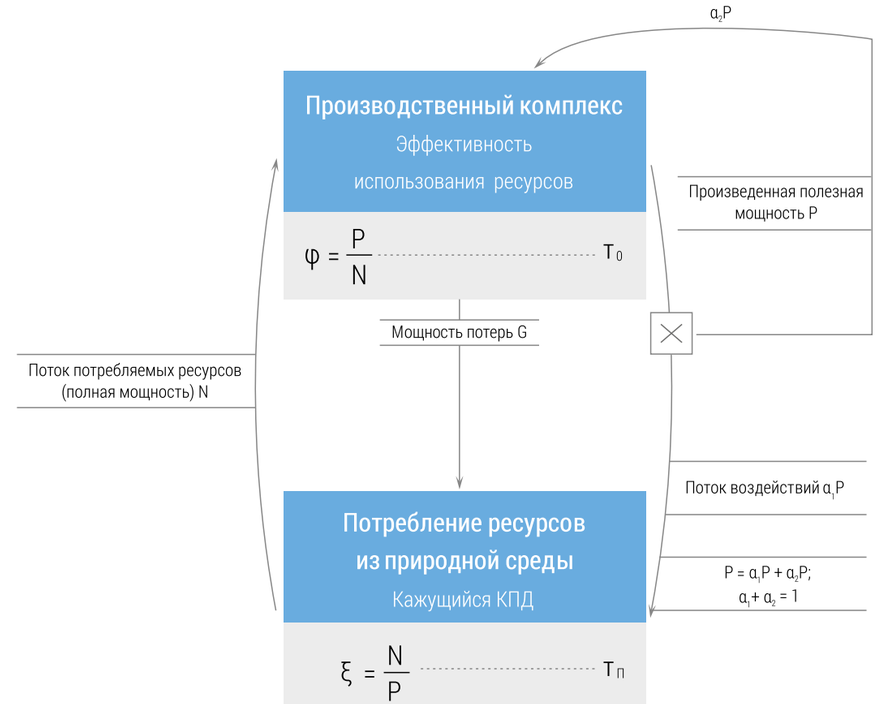


Рис. 1. Показатели закона сохранения мощности

Можно заметить, что закон сохранения мощности имеет вид двойственной структуры, связывающей объект с природной средой. Структуру взаимодействий можно описать базовыми уравнениями.

Производственный потенциал (запас работоспособности):

$$\Pi_X(t) = \int_0^T [(N_X(t) + P_T(t)\cdot\eta_X(t) - \Pi_X(t)\cdot\alpha_X(t) - P(t)]dt, \quad (1)$$

где N_X — полная мощность потребляемых природных ресурсов;

η_X — обобщенный коэффициент полезного действия (усвоении ресурсов) производственной системы;

Π_X — величина производственного потенциала (запаса работоспособности);

α_X — коэффициент износа производственного потенциала;

P — полезная мощность продуктов производства, определяемая как сумма их потенциальной и актуальной мощности. Первая вычисляется для энергетических продуктов (вторичные энергоресурсы) как величина их энергосодержания, а вторая — для неэнергетических и равна затратам мощности на непосредственное совершение технологических операций, связанных с производством этих продуктов.

Полезная мощность продуктов производства:

$$P(t) = \Pi_X(t)\cdot V_X(t), \quad (2)$$

где V_X — удельный вес используемого производственного потенциала (коэффициент, характеризующий годовой расход производственного потенциала на выпуск продуктов производства);

Объектом управления проекта являются любые ограниченные временем и пространством системы, поддающиеся разработке и реализации: экономические, политические, социально-природные и т.д.

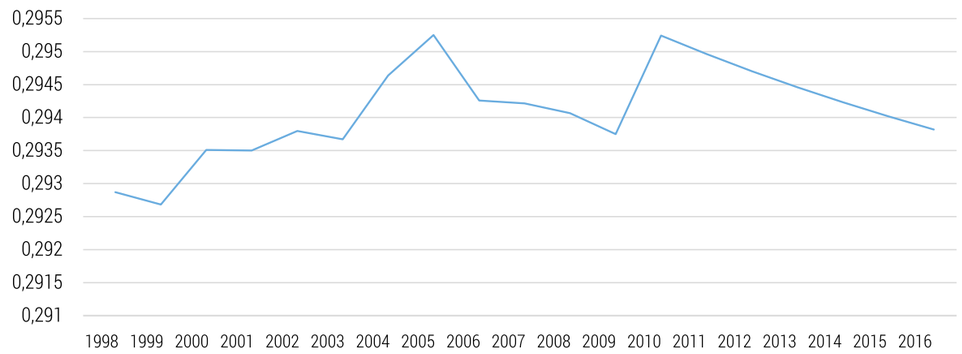


Рис. 2. Эффективность использования природных энергоресурсов (Россия, 1998–2016 гг., безразмерные единицы)

$\Pi_X(t)\cdot(1-V_X(t))$ — мощность производственных запасов, резервов.

Полная мощность потребляемых природных ресурсов:

$$\frac{dN_X(t)}{dt} = P_{ОП}(t)\cdot\xi_X(t) - N_X(t)\cdot P_X; N_X(0), \quad (3)$$

где $P_{ОП}$ — полезная мощность воздействия на природу;

ξ_X — обобщенный коэффициент ресурсоотдачи в добывающем разделении;

P_X — обобщенный коэффициент потерь ресурсов в процессе транспортировки, реализации и т. д.

Структура производственного продукта:

$$P(t) = P_{ОП}(t) + P_{ОО}(t) + P_{ог}(t), \quad (4)$$

где $P_{ОП}$ — полезная мощность, затрачиваемая на добычу природных ресурсов;

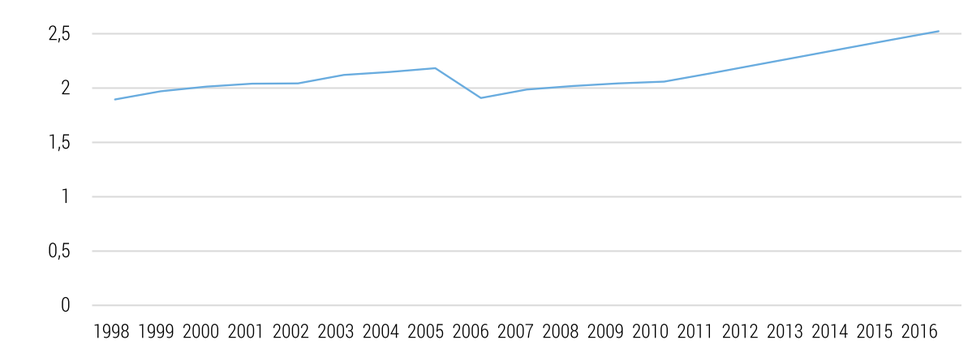
$P_{ОО}$ — полезная мощность, затрачиваемая на переработку ресурсов;

$P_{ог}$ — полезная мощность, затрачиваемая на поддержание жизнедеятельности и воспроизводство населения (товары народного потребления, услуги и т. д.).

Таким образом, к основным системно-энергетическим показателям регионального развития относятся:

1. Суммарное потребление природных энергоресурсов.
2. Совокупный общественный произведенный продукт в мощностном эквиваленте.
3. Мощность потерь или потери мощности.
4. Эффективность использования природных энергоресурсов (или обобщенный КПД производства).
5. Кажущий КПД (коэффициент ресурсоотдачи).
6. Совокупная производительность труда.
7. Качество окружающей природной среды или антропогенное воздействие.

Рис. 3. Совокупный уровень жизни в единицах мощности (Россия, 1998–2016 гг., кВт/чел)



	2009	2012	2015
Годовое суммарное потребление энергоресурсов в единицах мощности, ГВт	346,2	371,0021	419,62
Годовой совокупный произведенный продукт в единицах мощности, ГВт	101,7	109,33	123,38
Годовые потери мощности, ГВт	230,3619	240,7631	240,0068
Эффективность использования природных энергоресурсов, безразмерные единицы	0,2938	0,2937	0,2946
Совокупный уровень жизни в единицах мощности, кВт/чел	2,5215	2,6373	2,6379
Средняя нормированная продолжительность жизни, безразмерные единицы	0,66	0,67	0,67
Качество окружающей природной среды, безразмерные единицы	1,0452	0,9969	1,0614
Совокупное значение качества жизни в единицах мощности, кВт/чел.	1,833	1,7671	2,0081

Таблица 1. Результаты оценки параметров развития на примере ЦФО

8. Совокупный уровень и совокупное качество жизни населения.

Методологические основания и методика расчета выделенных показателей подробно представлена в работах советских ученых П. Г. Кузнецов, А. Е. Арменский, Б. Е. Большаков, О. Л. Кузнецов и современных работах [2].

Системный анализ регионального развития в терминах энергетического измерения

В качестве примера проектирования и оценки текущих, целевых, проблемных состояний разноуровневых региональных систем рассмотрим некоторые результаты на примере России, Центрального федерального округа и областей РФ. В качестве периода анализа выбран период 1998–2016 гг. ввиду наличия исходной статистической базы.

Основными элементами статистической базы, необходимой для анализа являются данные по энергопотреблению, статистические обзоры мировой энергетики, например, BP Statistical Review of World Energy. Представим результаты анализа в виде графиков и таблиц.

Представим подробнее результаты расчетов параметров развития на примере России (рис. 2–4).

Представим результаты расчетов параметров на примере Владимирской области (рис. 5 и 6).

В качестве другого примера приведем расчетные данные среднего значения показателя совокупного качества жизни населения (кВт на чел.) и размаха вариации на примере Уральского федерального округа (таблицы 3 и 4).

Исходя из таблиц видно, что наименьшее значение показателя «совокупное качество жизни» показывает Курганская область – соответствующее 2,71 кВт на чел., что значительно ниже по сравне-

Таблица 2. Результаты оценки параметров развития на примере Владимирской области

	2009	2012	2015
Годовое суммарное потребление энергоресурсов в единицах мощности, ГВт	5,71	5,89	5,47
Годовой совокупный произведенный продукт в единицах мощности, ГВт	1,68	1,73	1,61
Годовые потери мощности, ГВт	4,03	4,16	3,86
Совокупный уровень жизни в единицах мощности, кВт/чел	1,1	1,14	1,07
Средняя нормированная продолжительность жизни, безразмерные единицы	0,628	0,633	0,636
Качество окружающей природной среды, безразмерные единицы	1,03	0,93	0,91
Совокупное значение качества жизни в единицах мощности, кВт/чел.	0,75	0,63	0,58

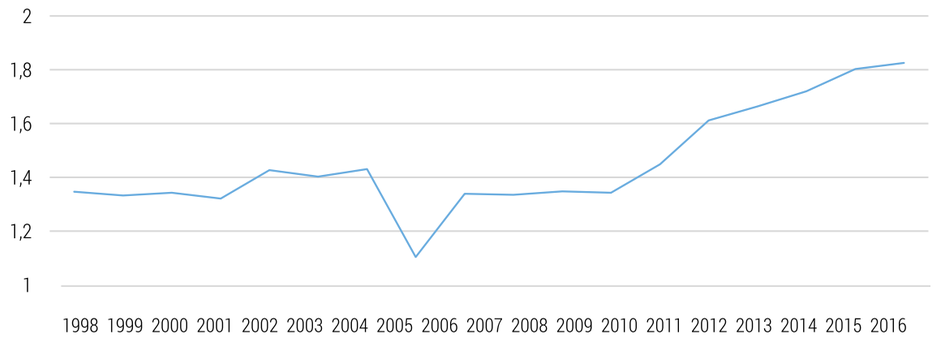


Рис. 4. Совокупное качество жизни населения в единицах мощности (Россия, 1998–2016 гг., Вт/чел.)

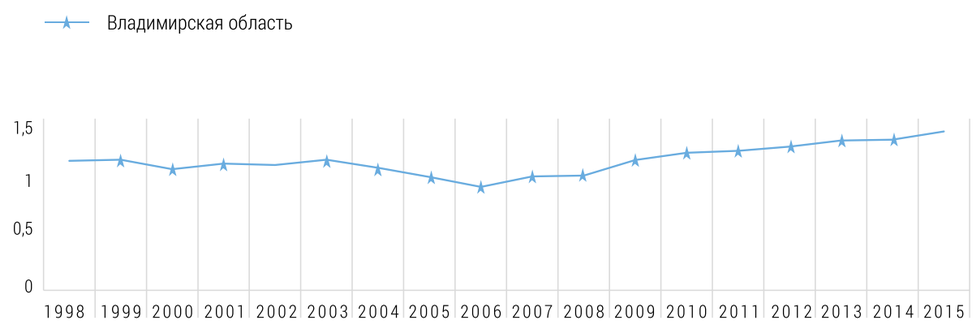


Рис. 5. Совокупный уровень жизни в единицах мощности (Владимирская область, 1998–2015 гг., кВт/чел)

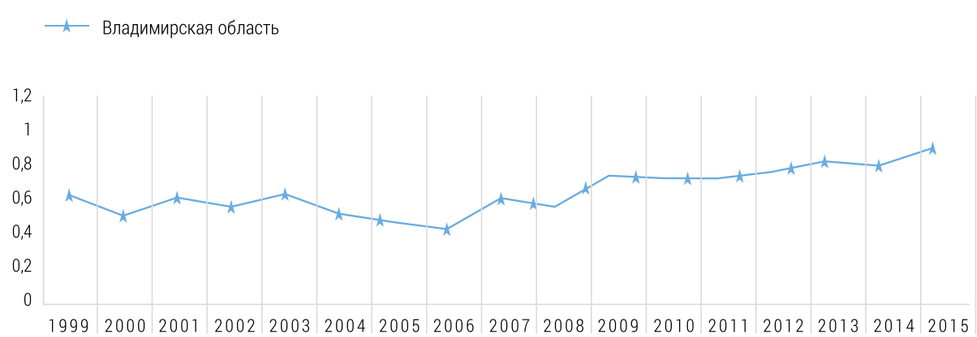


Рис. 6. Совокупное качество жизни населения в единицах мощности (Владимирская область, 1999–2016 гг., кВт/чел.)

Субъект	Среднее значение, кВт на чел. (2010–2020 гг.)
Курганская область	2,71
Свердловская область	32,5
Ханты-Мансийский автономный округ	61,66
Ямало-Ненецкий автономный округ	27,05
Тюменская область	13,16
Челябинская область	22,67

Таблица 3. Среднее значение показателя «совокупное качество жизни», Уральский федеральный округ, кВт на чел.

нию с остальными регионами, входящими в состав Уральского федерального округа. А наибольший размах у Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов.

Для более детального анализа и иллюстрации системно-энергетического анализа может быть использован Ситуационный центр моделирования устойчивого социально-экономического развития региона (URL: https://guu.nbics.net/ru/Situacionnyj-centr), который позволяет в автоматизированном режиме анализировать, интегрировать и визуализировать на картах информацию о состоянии групп показателей (субъекты, ФО и макрорегионы России): системно-энергетические, а также экологические, социальные, экономические и инфраструктурные показатели. Данные представлены на основе официальной национальной и мировой статистики и прошли проверку. Функциональные возможности позволяют осуществлять доступ к текущим численным значениям; ранжировать территории по значениям интегральных показателей; осуществлять выгрузка данных для анализа по прикладным задачам.

Разработчиком проекта является Центр проектирования устойчивого развития Государственного университета управления. В перспективах детализация данных по времени (день, месяц, квартал) и масштабу (промышленные отрасли и комплексы, муниципалитеты). В разделе аналитика будут представлены базовые методы для анализа устойчивости развития, зависимости разнородных энергетических, экологических, экономических факторов регионального развития, включая: корреляционный, факторный, кластерный, дискриминантный, дисперсионный анализы.

Отраслевые балансы и дисбалансы в энергетическом измерении на примере ТЭК

Оптимальный энергетический баланс является одним из важных условий эффективного функционирования и развития любой страны и регионов. Разработка единого энергетического баланса и создания различных сценариев перспективного энергетического баланса может служить основой для принятия экономических и политических решений, определение стратегических и отраслевых ориентиров энергетической политики страны. В энер-

Таблица 4. Размах вариации по показателю «качество жизни», Уральский федеральный округ, кВт на чел.

Субъект	Размах вариации, кВт на чел. (2010–2020 гг.)
Курганская область	0,84
Свердловская область	6,58
Ханты-Мансийский автономный округ	15,65
Ямало-Ненецкий автономный округ	16,22
Тюменская область	4,93
Челябинская область	3,77

Ханты-Мансийск

Источник: modulor26 / depositphotos.com

гетической стратегии России на период до 2035 г. сказано: «Энергетическая политика на уникальной по размерам территории России с ее различиями природно-климатических и социально-экономических условий обязана учитывать специфику регионов и осуществляться в увязке с решением стратегических общегосударственных задач рационального размещения производительных сил и надежного обеспечения национальной энергетической безопасности. В настоящее время российская региональная энергетическая ситуация характеризуется существенным дисбалансом. С одной стороны, происходит все большая концентрация экономического роста и энергопотребления в центральных районах европейской части страны, доля которых уже превысила 70 % ВВП и 60 % потребления энергии в стране. С другой стороны, происходит смещение добычи и производства энергетических ресурсов в северные и восточные районы с ростом их доли свыше 80 %. В итоге одной из главных проблем российского ТЭК является беспрецедентно большой и растущий объем наиболее дорогих сухопутных перевозок топлива на тысячи километров».

Конечным результатом проектирования являются изменения в реальном мире — системе «природа – общество - человек», однако не всякое изменение может быть приложено к понятию устойчивого развития

При этом следует отметить, что необходимость трансформации энергетической отрасли для предотвращения негативного воздействия на климат способствует росту неопределённости относительно будущей структуры энергетических рынков. Анализ этой неопределённости требует системного подхода. Так, например, в компании «ЛУКОЙЛ» для принятия стратегических решений используются энергетические сценарии, которые описывают траектории потребления основных энергоносителей в зависимости от интенсивности климатического регулирования и степени координации международных усилий по сокращению выбросов парниковых газов [8]. Такой сценарный подход дает возможность более отчетливо очертить масштаб неопределенности, связанный с наиболее важными тенденциями развития мировой энергетики.

Главным для нас является не обеспечение выживаемости российского ТЭК как основного поставщика финансовых и инвестиционных ресурсов, а превращение энергетического сектора в «локомотив» геотерриториального развития страны [9].

Одна из ключевых задач работы топливно-энергетического комплекса на сегодняшний день – ускоренная газификация регионов России [10]. Расширение использования газа на внутреннем рынке позволит значительно повысить уровень жизни и обеспечить комфортные бытовые условия граждан нашей страны, а также положительно повлияет на социально-экономическое развитие регионов. Природный газ занимает ключевое место в удовлетворении внутренних потребностей России в энергоносителях. Уже сегодня на долю газа приходится 53 % потребления энергоресурсов. Это делает российский энергобаланс одним из самых «зеленых» в мире, так как газ – самый чистый углеводородный источник энергии, что особенно важно для регионов со сложной экологической обстановкой. Еще одно неоспоримое преимущество «голубого» топлива для нашей страны – большая ресурсная база, доступность и надежность [10].

Вместе с тем, проблема недостаточной газификации в Российской Федерации существует давно. В рамках сложившихся до 2020–2021 гг. подходов эта проблема не решалась [10, 11]. Однако, как отмечается в исследовании [12], до этапа разработки программ газификации есть необходимость в построении топливно-энергетических балансов регионов, а также в более сложных модельных расчетах, которые бы учитывали экологические, экономические и социальные аспекты энергоснабжения (интересы большой энергетики и поставщиков угольного топлива) и процесса газификации (с учетом альтернативной газификации) в частности [12].

Устойчивость предполагает использование ресурсов для удовлетворения потребностей настоящего без ущерба для будущего, но в условиях несбалансированного спроса-предложения возникают кризисы

Формализация задач классификации и оценки новаций в проектировании устойчивого развития

Классификатор новаций, учитывающий системно-энергетические показатели устойчивого развития и удаленность от эффекта, может быть представлен 3 классами (таблица 5).

Нововоронежская АЭС

Источник: DedMityay / depositphotos.com

Классы новаций	N (1)	η (2)	ε (3)
Нематериализованные новации (класс А): есть описание новации, отсутствует опытный и промышленный образец	A1	A2	A3
Материализованные новации (класс В): существует опытный или промышленный образец, отсутствует потребитель(и), который(е) используют производимый с использованием новации продукт для удовлетворения потребностей	B1	B2	B3
Реализованные новации (инновации) (класс Е): существует опытные или промышленный образец, есть потребитель(и), который(е) используют производимый с использованием новации продукт для удовлетворения потребностей	E1	E2	E3

Таблица 5. Классификатор новаций по параметрам управления

Выделены три крупных класса новаций:

- A1, B1, E1 – классы новаций, связанных с новыми носителями энергии (*N*);
- A2, B2, E2 – классы новаций, связанных с повышением обобщенного коэффициента совершенства технологии (*η*);
- A3, B3, E3 – классы новаций, связанных с повышением качества планирования (связи с потребителем (*ε*).

Формализация задач классификации и оценки новаций построена на основе обобщенного коэффициента потенциальной эффективности новаций, который связан с технологическими возможностями промышленных отраслей и комплексов и может быть представлен формулой:

$$\kappa_i(t) = \frac{b_{ji}(t)}{g_{ji}(t)}, \qquad (5)$$

где *i* – производственные процессы в проектируемом объекте *i = 1, 2, … m*;

$b_{ji}(t)$ – расход энергии на производство единицы *j*-ой продукции в единицу времени в *i*-м производственном процессе с учетом существующих технологических возможностей в проектируемом региональном объекте;

$g_{ji}(t)$ – расход энергии на производство единицы *j*-ой продукции в единицу времени в *i*-м производственном процессе с учетом технологических возможностей новации в том же проектируемом объекте.

Обобщенный коэффициент потенциальной эффективности новации (*к*) показывает, во сколько раз можно уменьшить фактический расход ресурсов на производство единицы *j*-й продукции с заданными свойствами с использованием новации в проектируемом региональном объекте.

Перспективные оценки сценариев развития

На основе представленной методологии может быть предложена система идентификации существующего состояния и анализа целевого состояния промышленных отраслей и комплексов во взаимосвязи с региональной средой (таблица 6).

Таблица 6. Критерии идентификации существующего состояния и анализа целевого состояния

Критерии	Сценарий	Характерные черты
ΔM ≥ 0 ΔP ≥ 0 ΔN ≥ 0 ΔU ≥ 0 Δq < 0	Экстенсивный	Экстенсивный рост за счет опережающего роста энергопотребления (ΔN≥0), следствием которого могут быть экологические (Δq<0), демографические (ΔM<0) и социально-экономические (ΔU<0) угрозы
ΔM ≥ 0 ΔP ≥ 0 ΔN ≥ 0 ΔU ≥ 0 Δq ≥ 0	Индустриально-инновационный	Интенсивный рост за счет повышения эффективности производства (Δφ≥0), возможными следствиями которого являются позитивные и негативные изменения параметров
ΔM ≥ 0 ΔP ≥ 0 ΔN < 0 ΔU < 0 Δq < 0	Устойчивое инновационное развитие	Сопровождается интенсивным ростом производства (ΔP≥0), сохранением или уменьшением энергопотребления (ΔN<0)

Необходимость трансформации энергетической отрасли для предотвращения негативного воздействия на климат способствует росту неопределённости относительно будущей структуры рынков

Новое понимание системы устойчивого развития как единой системы взаимозависимых систем: экология, общество, экономика, их формализация и анализ с учётом подхода анализа изменения мощности системы может дать реальное представление о построении и развитии перспективы социально-экономической системы в целом.

В соответствии с теоретическим обоснованием и описанной методологией, экономический рост и развитие стран могут быть описаны как с помощью показателя ВВП, так и как открытые социально-экономические системы в единицах потоков энергии (мощности), ваттах. Денежные показатели эффективны в пределах общественных отношений, а вне их принимают искусственный характер, т. е. денежные оценки могут неадекватно оценивать природные процессы.

Энергетическая система координат в ваттах позволяет по-новому анализировать и проектировать развитие регионов и страны в целом в контексте поиска сценариев устойчивого развития.

Заключение

Инновационное развитие, инновационная экономика и иная инновационная терминология используется в литературе очень часто. Вместе с тем, инновации зачастую являются механизмом уничтожения сложившихся экономических отношений, поэтому и вызывают такое сопротивление. Найти «золотую середину» в решении проблемы обновления технологического уклада и сохранения устойчивости экономической инфраструктуры – творческая задача. Предлагаемые энергетические подходы к решению этой проблемы не претендуют на универсальность, но позволяют включить в столь сложные управленческие процессы «число и меру». Это дает возможность на научном уровне развивать дискуссию об устойчивом развитии экономики, что, по мнению авторов, является крайне необходимым процессом.

Использованные источники

1. *Большаков Б.Е. Наука устойчивого развития. Кн. 1 : Введение. – М.: РАЕН, 2011. – 271 с. ISBN 978-5-94515-112-3.*
2. *Шамаева Е.Ф. Комплексная модель расчета качества жизни в регионе // Уровень жизни населения регионов России. 2015. Том 11. №3. С. 109–120.*
3. *Forrester J.W. World Dynamics. Second edition. Wright-Allen Press. 1973. URL: https://monoskop.org/images/d/dc/Forrester_Jay_W_World_Dynamics_2nd_ed_1973.pdf (дата обращения: 20.08.2021).*
4. *LaRouche Lyndon H. Jr. So, You Wish to Learn All About Economics? A Text on Elementary Mathematical Economics. New York: New Benjamin Franklin House, 1984. – 208 p. ISBN 0-943235-13-8*
5. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. 1987. – URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf (дата обращения: 20.11.2022).*
6. *Новак А. Мировой энергетический кризис: кто виноват и что делать? // Энергетическая политика. № 2(168), 2022. С. 4–11. – DOI 10.46920/2409–5516_2022_2168_4. – EDN HLSNJX.*
7. *Jermolajeva E., Trusina I. A New Approach to the Application of the Principles of Sustainable Development. // Proceedings of the 2021 International Conference Economic Science for Rural Development, Jelgava, LLU ESAF, 11-14 May 2021, pp. 231–240. Retrieved: https://doi.org/10.22616/ESRD.2021.55.023.*
8. *Федун Л. Перспективы развития мировой и российской энергетики: сценарии до 2050 года // Энергетическая политика. № 1(167), 2022. С. 6–19. – DOI 10.46920/2409-5516_2022_1167_6. – EDN DREUIL.*
9. *Семикашев В. Экономическая политика для отраслей ТЭК России в условиях санкций // Энергетическая политика. 2022. № 8(174). С. 28–41. – DOI 10.46920/2409-5516_2022_8174_28. – EDN XJZUWV.*
10. *Новак А. Ускоренная газификация регионов России -благополучие и комфорт наших граждан // Энергетическая политика. 2022. № 7(173). С. 6–11. – DOI 10.46920/2409-5516_2022_7173_6. – EDN KSBEZF.*
11. *Гайворонская М.С. Оценка потребности в газификации домохозяйств России и возможности для ее ускорения // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2020. № 18. С. 274–295. DOI 10.47711/2076-318-2020-274-295.*
12. *Семикашев В.В., Гайворонская М.С. Анализ текущего состояния и перспективы газификации России на период до 2030 г. // Проблемы прогнозирования. 2022. № 1(190). С. 91–100. DOI 10.47711/0868-6351-190-91-10.*

УДК 620.9 DOI 10.46920/2409-5516_2023_2180_54 EDN: PDAPSM

Футуризм и коридоры возможностей для российского ТЭК в условиях создания единого евроазиатского энергетического пространства

Futurism and corridors of opportunities for russian fuel and energy complex within formation of a common eurasian energy space

Андрей КОНОПЛЯНИК
Советник генерального директора ООО «Газпром экспорт», член научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике, д. э. н., профессор Дипломатической академии МИД РФ
Персональная страница: www.konoplyanik.ru
e-mail: andrey@konoplyanik.ru; a.konoplyanik@gazpromexport.com

Andrey KONOPLYANIK
Ph.D. and Dr. of Science in economics, An Adviser to Director General of Gazprom export LLC, Member of Scientific Council for System Research in Energy, Russian Academy of Sciences, Professor at the Diplomatic Academy of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation
Personal page: www.konoplyanik.ru
e-mail: andrey@konoplyanik.ru; a.konoplyanik@gazpromexport.com

Аннотация. Турбулентность и нестабильность, наблюдаемые в настоящее время на мировых энергетических рынках, являются прямым следствием наступления конца эпохи американского доминирования в мировой экономике и политике. О смене мировой модели мироустройства свидетельствуют, в частности, рукотворный – со стороны западных стран – слом существующих порядков и правил, ужесточение ими антироссийских санкционных режимов, повсеместная деглобализация и регионализация. Именно в таких условиях России предстоит принимать важнейшие стратегические решения, которые не только позволят преодолеть негативные последствия текущего глобального экономического и геополитического кризиса, но и определят коридор возможностей для развития российского ТЭК на десятилетия вперед.
Ключевые слова: деглобализация, энергопереход, низкоэмиссионная экономика, инвестиционные циклы, Большая энергетическая Европа (БЭЕ), Единое Евроазиатское энергетическое пространство (ЕЕЭП).

Abstract. The turbulence and instability currently observed in the global energy markets are a direct consequence of the US`s dominance fading away in global economy and politics. This is evidenced, in particular, by a hand-made, by Western states, breakdown of existing orders and rules, tightening by them of anti-Russian sanctions regime and widespread processes of deglobalization and regionalization. It is under such circumstances that the Russian Federation ought to make the most critical strategic decisions which will not only allow the country to overcome negative consequences of the current global economic and geopolitical crisis but will also define the corridor of opportunities for the Russian fuel and energy complex`s development for decades to come.
Keywords: deglobalization, energy transition, low-emission economy, investment cycles, Broader Energy Europe (BEE), Common Eurasian Energy Space (CEES).

> **Смена глобализационных циклов – закономерный процесс, и на смену эпохе американского доминирования неизбежно приходит новая эпоха**

В условиях крушения устоявшейся международной институциональной среды, на фоне набирающего обороты экономического и геополитического кризиса, одной из важнейших предпосылок и движущих сил которого является начало конца «долгого века» (термин Дж. Арриги [1]) доминирования США в глобальной экономике, необходимым представляется рассмотрение возможных сценариев развития мировой энергетики в обозримом будущем, а также обозначение вероятных шагов, которые должны быть предприняты российским руководством, бизнесом и научным сообществом для обеспечения конкурентоспособности и устойчивости российского ТЭК перед лицом вызовов и угроз современности.

Модель мироустройства будущего

В настоящее время мир вступает в переходный период, характеризующийся высокой турбулентностью. Наступает конец эпохи американской гегемонии, а вместе с ней уходит и западоцентричный миропорядок. Конец «долгого века» США отвечает идее закономерного упадка в рамках концепции четырех последовательных мировых циклов накопления – генуэзского, голландского, британского и американского, соответственно [1].

Доказательством завершения глобального цикла американского доминирования являются фиксируемые попытки США любыми доступными им способами удержать собственную конкурентную нишу в мировой экономике на фоне как внутренних социально-экономических проблем, так и возрастания роли иных ключевых геополитических игроков и усиления региональных объединений, противопоставляющих себя «коллективному Западу».

На основе динамики индекса открытости мировой торговли [2, 3] автор сопоставляет историю глобальных экономических кризисов и динамику либерализации глобальной торговли с укреплением позиций

Белый дом. Вашингтон, США
Источник: macniak / depositphotos.com

США на мировой арене и утверждает, что вплоть до сегодняшнего дня американское господство укреплялось за счет сменяющих друг друга циклов разрушения и восстановления за пределами США.

Господство США начало утверждаться с формированием Федеральной резервной системы (ФРС) в 1913 г. Кризис 2008–2009 гг. ознаменовал собой «начало конца» цикла американского доминирования. Предпосылки указанного кризиса усматриваются в динамике цен и эволюции механизмов ценообразования на нефтяном рынке, нарастании значения процессов «рециклирования нефтедолларов» с 1970-х гг., формировании двухсегментной структуры мирового рынка нефти с середины 1980-х гг. (рынок физической и «бумажной» нефти и постепенное превращение рынка «бумажной» нефти в составную часть глобального финансового рынка/рынка капитала), и последующей разбалансировкой финансовых рынков (в том числе рынков нефтяных финансовых деривативов), что вылилось в экономический кризис 2008–2009 гг.

В связи с тем, что каждый глобализационный цикл завершался его разрушением, чаще всего выражавшимся в больших потрясениях и мировых войнах, в рамках текущего переходного периода мы также наблюдаем деструктивные процессы, размывающие устоявшийся мировой порядок: деглобализация, регионализация, усиление политики протекционизма, многочисленные санкции, пренебрежение международно-правовыми нормами и многое другое. При этом Европейский союз (ЕС) становится периферией США и по совместительству одним из ключевых инструментов американской политики, нацеленной на укрепление могущества теряющего свои позиции гегемона, в том числе и за счет самой Европы.

Результатом является де-факто развязывание войны на европейском континенте. Именно США являются главной движущей силой и главным бенефициаром текущего геополитического кризиса, так как они заинтересованы в: 1) развязывании мировой войны за пределами США, которая ослабит другие державы, в то время как сами Соединенные Штаты будут готовы предоставить им помощь в рамках очередных ленд-лиза и «Плана Маршалла», которые всегда направлены на подъем экономики самих Соединенных Штатов; 2) недопущении объединения производительных сил и ресурсной базы Европы и России (*Джордж Фридман, компания СТРАТФОР, называемая «теневым ЦРУ»*); 3) прямом столкновении России и Украины (*Збигнев Бжезинский*, «Великая шахматная доска»). Таким образом, современная американская политика нацелена на поддержание смены циклов разрушения и восстановления, которые должны помочь удержать позиции США на мировой арене.

Однако смена глобализационных циклов – закономерный процесс, и на смену эпохе американского доминирования неизбежно придет новая эпоха. Но каким будет следующий центр силы, центр притяжения? По мнению автора, скорее всего, мир ожидает эпоха евразийского/евроазиатского

Доказательством завершения глобального цикла американского доминирования являются попытки США любыми доступными им способами удержать собственную конкурентную нишу в мировой экономике

доминирования. Ключевым элементом и, возможно, движущей силой последнего представляется формирование Единого Евразийского энергетического пространства (ЕЕЭП). В рамках нового цикла накопления энергия сохранит за собой роль доминирующего производственного ресурса.

Институциональные условия, определяющие фон взаимодействия как государственных, так и негосударственных акторов, в настоящее время характеризуются крайней нестабильностью. Инвесторы заинтересованы в предсказуемых и по возможности устойчивых ценах на мировых энергетических рынках, однако в действительности существующая институциональная среда буквально рушится.

Высокая турбулентность и повсеместная отмена устоявшихся «правил игры» в мире проявляется, в частности, в последовательном отказе западных стран от:

- контрактного права во взаимоотношениях между компаниями (зачастую политически мотивированный их материнскими странами);
- международного права во взаимоотношениях между государствами (санкции вне мандата ООН, нарушение права собственности, блокировка и экспроприация активов государства и уничтожение критической инфраструктуры и т. д.);
- рыночной экономики (обязательные нормативы заполнения ПХГ в ЕС, инициированные США попытки установления странами-импортерами потолка цен на энергоресурсы суверенных государств-экспортеров);
- здравого смысла (немедленный отказ европейских лидеров от дешевого российского газа в пользу более дорогих и менее технико-экономически надежных альтернатив якобы «в интересах европейских граждан», ведущих на практике к об-

КС Байдарацкая, газопровода «Бованенково – Ухта» *Источник: gazprom.ru*

рушению их сложившегося образа жизни);
– демократических ценностей (игнорирование политическими элитами интересов избирателей);
– базовых правил приличия (например, отказ французского председателя на Совбезе ООН дать ответное слово уполномоченному Российской Федерацией представителю «Газпрома» на заседании по взрывам на «Северных потоках»).

Таким образом, «закату» гегемонии США и текущему переходу на новый научно-технологический уклад будут свойственны повышенные риски, связанные с волатильностью и целенаправленным разрушением международной институциональной среды, которые в совокупности будут создавать проблемы для экономического развития материального производства большинства стран мира и, в то же время, благоприятные условия для деятельности американских финансовых институтов, которые рассчитывают, как и раньше, обеспечивать финансирование мирового развития, в том числе удерживая роль доллара как мировой валюты.

Может ли Россия представить свой проект мироустройства?

Что касается перспектив становления глобального миропроекта, автор уверен, что указанные в предыдущем разделе дестабилизирующие факторы будут препятствовать нахождению сегодня и в ближайшем будущем некоего общего знаменателя в позициях государств в отношении нового мирового порядка. В то же время, совокупность региональных миропроектов представляется вполне состоятельным вариантом развития событий в ближайшем обозримом будущем. В свою очередь, Россия, думается, может представить собственное видение будущего мироустройства, однако готова ли она к этому – это открытый вопрос.

Россия не должна отказываться от связей с Европой. Концепция «разворота на Восток» несостоятельна, если она сводится к безвозвратному уходу России с европейских рынков в пользу Азии

Президент США Джо Байден и председатель ЕК Урсула фон дер Ляйен
Источник: techweez.com

Центральной темой в части региональных проектов мироустройства станет (может/должен стать), по мнению автора, переход от Большой энергетической Европы (БЭЕ) к Единому Евроазиатскому энергетическому пространству (ЕЕЭП). Данный процесс предполагает формирование диверсифицированной трансграничной капиталоемкой стационарной энергетической и иной (транспортной, цифровой и пр.) инфраструктуры на широких просторах евразийского континента, обеспечивая его территориальную инфраструктурную связанность, что является необходимым условием его устойчивого развития. По ключевым параметрам проект ЕЕЭП превосходит прошлые европоцентричные проекты: бóльшая протяженность, охват более широкого географического пространства, бóльшего числа стран с большей численностью населения и т. д. Однако в силу этого процесс формирования ЕЕЭП будет более долгим, более рискованным, ибо является более капиталоемким. Значит он более требователен к формированию всеобщей (общераспространенной и общепризнанной) на этом пространстве системы минимизации инвестиционных рисков.

США заинтересованы в полном разрыве отношений ЕС и России в области энергетики, потому что дальнейшая эскалация украинского конфликта, как предполагается, должна ослабить Россию и привести к стагнации экономики ЕС, что, в свою очередь, негативно отразится на Китае, являющимся одним из основных торговых партнеров Европы. США, в партнерстве с ЕС, стремятся всеми способами устранить Россию с ее более дешевым газом с европейского энергетического рынка и взамен способствовать реализации там более дорогого американского СПГ. Из-за происходящего вследствие этого роста издержек энергоемкие европейские предприятия начинают закрываться и/или эмигрировать в Северную Америку. Таким образом, Европа постепенно превращается в инструмент реализации американской политики по деиндустриализации Европы и де-факто в периферию США.

Если Европу ее североатлантические союзники целенаправленно деиндустриализируют и отрывают от России, что остается нашей стране в сложившихся обстоятельствах? Позиция автора на этот счет однозначна: Россия не должна отказываться от связей с Европой. Концепция «разворота на Восток» несостоятельна, если она сводится к безвозвратному уходу России с европейских рынков в пользу азиатских партнеров. Кризис в российско-европейских отношениях есть ни что иное, как результат антироссийской политики, проводимой нынешними несамостоятельными европейскими элитами в интересах США. Однако смена властей в европейских странах и приход новых, прагматичных государственных деятелей откроет, по мнению автора, новые возможности для сотрудничества. Возможно, для новой реидустриализации Европы, только уже с помощью России, как это фактически было в прошлом: в 1970-е, на основе сделки «газ – трубы», в 1980-е, на основе совместного преодоления рейгановских антисоветских санкций, только теперь в рамках иных моделей сотрудничества, соответствующих будущей новой реальности, где уже Россия может выступать в роли донора, а не реципиента технологий и капитала, а не только поставщика природных ресурсов. Поэтому России следует смотреть как на Восток, так и на Запад, и в своей долгосрочной политике исходить из необходимости опоры на три рынка – свой собственный, азиатский и европейский. При этом значение внутрироссийского и азиатского рынков будут нарастать, а европейского – неизбежно снижаться в рамках формирующегося ЕЕЭП.

Производство СПГ в США
Источник: smi.today

Мир ждет переход от парадигмы ожидания «пика предложения» к ожиданию «пика спроса». Для наиболее экономически развитых государств такой «пик спроса» наступит в самое ближайшее время

На какой основе формировать инвестиционный режим ЕЕЭП? В истории создания БЭЕ очевидной представляется центральная роль Договора к энергетической хартии (ДЭХ) 1994 г. (и всего хартийного процесса), остающегося сегодня единственным в мире многосторонним международно-правовым режимом для инвестиций и торговли в энергетике, преимущественно на территории Евразии. Россия вышла из временного применения ДЭХ в 2009 г. и окончательно из членства в нем в 2018 г., что, по мнению автора, представляет собой ошибку в стратегическом планировании, однако поправимую.

Ставка ЕС только на ВИЭ не оправдала себя.
Плавучая СЭС, Франция

Источник: start-partnership.com

Страны ЕС после 2003 г., с принятием Второго энергопакета ЕС, фактически предпочли энергетической хартии создание собственного Acquis Communautaire в области энергетики как систему регулирования инвестиций и торговли формирующегося единого внутреннего энергетического рынка расширяющегося (в то время) ЕС.

При этом Евросоюз, который в построении своего внутреннего энергетического рынка отошел от принципов Договора к энергетической хартии в сторону большей либерализации европейского законодательства, сегодня рассматривает вопрос о своем дальнейшем пребывании в ДЭХ, если ему не удастся подвергнуть договор существенным изменениям по лекалам ЕС, подстроить его под «Новый зеленый курс ЕС» от 2019 г.

ЕС предлагает лишить международно-правовой защиты, а точнее – подвергнуть прямой (так называемой «позитивной») дискриминации, инвестиции в отрасли традиционной энергетики в угоду создания преференциального режима для отраслей ВИЭ. С этим вряд ли согласятся государства Евразии вне ЕС, для многих из которых важнейшим элементом климатической и экологической повестки и устойчивого развития является, например, расширение использования природного газа вместо угля и с развитием ВИЭ.

В качестве институциональной основы для объединения вокруг России (а точнее, вокруг необходимости формировать общий минимальный стандарт защиты инвестиций и торговли в рамках ЕЕЭП) заинтересованных в тесном экономическом и энергетическом сотрудничестве государств можно рассматривать разные организации с ее участием: ЕАЭС, ШОС, ОДКБ, БРИКС.

Однако интеграция под эгидой Договора к энергетической хартии – объективный процесс для формирования единых правил игры в энергетике. Несмотря на выход из ДЭХ России, уже состоявшийся и возможный выход некоторых государств ЕС (Италия вышла в 2016 г., Испания, Франция,

Снижая степень зависимости от российских энергоносителей, ЕС обращается к неэкологичным и дорогим альтернативам, и неизбежно впадает в зависимость от редкоземельных металлов из Китая

Ставка ЕС на «ВИЭ + водород» – это попытка компенсировать изъяны широкомасштабного, построенного на обильных госсубсидиях, развития метеозависимых и недиспетчеризируемых ВИЭ

Польша, Нидерланды объявили о намерениях выйти из ДЭХ, Германия и Бельгия изучают вопрос), пространство формирования общего минимального стандарта защиты и стимулирования инвестиций и торговли в области энергетики активно расширяется на Юг и Юго-Восток. В 1994 г. насчитывалось 51 страна-участница ДЭХ. Сегодня число стран, подписавших политическую декларацию Международной энергетической хартии, что необходимо для последующего подписания и ратификации ДЭХ, возросло до 94 – это в основном государства Евразии и Африки. Единые нормы и правила упрощают, делаю более быстрым и эффективным сближение энергетических систем государств, их взаимосвязанность и взаимозависимость, что позволяет реализовывать системные эффекты и синхронизацию объединения энергетических систем на широком географическом пространстве, каковым является ЕЕЭП. Дальнейшая фрагментация институциональных и инвестиционных режимов, их множественность контрпродуктивна и вредит общему процессу формирования ЕЕЭП.

Нормализация и стабилизация процесса формирования ЕЕЭП, как и уменьшение всех возможных сопутствующих рисков, возможны лишь в случае возвращения к энергетической хартии как основе для дальнейшего формирования единого инвестиционного режима в ЕЕЭП, особенно с учетом того, что: (1) традиционная энергетика сохранит ключевую роль в сближении и дальнейшем развитии энергетических систем на евразийском континенте, (2) европейский рынок, особенно в результате массированной его привязки к поставкам СПГ США, постепенно превращается в энергетическую периферию Евразии, (3) страны ЕС постепенно выходят из ДЭХ, а государства Евразии, наоборот, входят в Международную энергетическую хартию с перспективой подписания и ратификации ДЭХ.

ВЭС, Франция

Источник: altitudedrone / depositphotos.com

Новая социально-экономическая реальность и новая модель мировой энергетики

Говоря о возможной новой социально-экономической модели глобального энергетического рынка, автор утверждает, что мир ждет переход от парадигмы ожидания «пика предложения» к ожиданию «пика спроса». А для наиболее развитых в экономическом отношении государств такой «пик спроса» наступит в самое ближайшее время или уже наступил.

Ранее экономический рост традиционно обеспечивался за счет индустриализации, глобализации, централизации энергоснабжения. До 70-х гг. прошлого столетия прогнозы экспертов указывали на ожидаемую нехватку ресурсов в будущем (наиболее известен алармисткий доклад «Пределы роста» Римскому клубу 1972 г., на что тогдашний министр нефти и минеральных ресурсов Саудовской Аравии шейх Ахмед Заки Ямани высказал свою известную фразу: «Каменный век закончился не потому, что кончились камни, вот и нефтяной век закончится не потому, что кончится нефть»). Однако на практике пик «кривой Хабберта»[1] постоянно сдвигается вправо вверх, в результате чего ресурсное ограничение благодаря научно-техническому прогрессу (НТП) не предвидится, как минимум в рамках двух глобальных инвестиционных циклов: первый – на основе применяемых сегодня технологий, что обеспечивает их коммерциализацию и окупаемость, второй – на основе технологий, которые находятся сегодня на стадии НИОКР и коммерциализация которых – удел завтрашнего дня.

После 20-кратного взлета мировых цен на нефть в 1970-е гг. мир (в первую очередь, западный мир государств-импортеров) перешел от энергорасточительного к энергоэффективному развитию и энергопотреблению. Предложение на мировом энергетическом рынке также изменилось и продолжает меняться до сих пор. Если в прошлом акцент делался на извлечение ресурсной ренты и реализацию эффекта масштаба, то сейчас возрастает значение эффекта индивидуализации и извлечения технологической ренты. После активизации климатической повестки, сначала в результате Киотского протокола (2008 г.), а затем и Парижского соглашения (2015 г.), в мире появилась новая доминанта: переход от высокоэмиссионного развития к низкоэмиссионному или (исходя из баланса выбросов-поглощений) развитию с нетто-нулевой эмиссией – по всем парниковым газам, но в первую очередь по CO_2.

Наблюдается повсеместный отрыв энергопотребления от экономического роста и изменение самих путей обеспечения роста экономики в развитых и развивающихся государствах. Если для развитых государств характерен пост-индустриальный тип экономического роста, то развивающиеся страны и страны с переходной экономикой переходят на новый уклад, основанный на децентрализации, индивидуализации, неиндустриальном характере экономического развития.

Социально-экономический уклад будущего несет в себе как старые, так и новые риски, но и создает новые возможности. Автор выделяет следующие вызовы, с которыми придется столкнуться уже в ближайшем обозримом будущем:

Развитие ВИЭ требует увеличения экологически грязной добычи лития
Источник: strana-rosatom.ru

[1] Справочно: теория «Пика Хабберта» – концепция, построенная на основе разработанной американским геофизиком Марионом Кингом Хаббертом динамики (кривой) освоения невозобновляемого энергоресурса (впервые опубликована в 1949 г. для обоснования пика добычи нефти в США и в мире) и впоследствии используемая, зачастую некритически, многими исследователями и/или последователями для прогнозирования даты достижения максимального их производства на той или иной территории.

Добыча нефти в Нигерии
Источник: weforum.org

1. Энергопотребление и экономический рост. В 70-е гг. XX века после взлета цен на энергоресурсы произошло резкое изменение стоимостной энергоемкости ВВП и превышение «константы Башмакова»[2], после чего последовал период повышенной нестабильности экономик стран мира (экономический кризис середины 1970-х гг. и преодоление его последствий, таких как мировой долговой кризис и др.). Ответной мерой в то время стали четыре этапа ухода от нефти:

- замещение нефти ОПЕК нефтью из стран вне ОПЕК (диверсификация нефтеснабжения в более «политически надежные» регионы) и последующее замещение нефти другими энергоресурсами (ставшими относительно более дешевыми вследствие роста цен на нефть);
- замещение в странах-импортерах энергии живым трудом и перевод энергоемких и экологически «грязных» производств в развивающиеся страны (размен ставшей дорогой энергии на более дешевый живой труд, вывод производств утратившего конкурентоспособность в период высоких цен энергоемкого технологического уклада за границу, «сброс» их в страны «третьего мира», и расчистка тем самым экономического пространства в своих странах для технологий нового энергоэффективного уклада);
- замещение энергии капиталом и повышение энергоэффективности вдоль всех энергетических цепочек.

Этот комплекс последовательных мер, действуя с «эффектом матрешки» (эффект каждой последующей меры накладывался на эффект от предыдущей), вел к уменьшение доли затрат на энергию для обеспечения роста ВВП, возвращая стоимостную энергоемкость ВВП под планку «константы Башмакова», в результате чего обеспечивался переход от энергорасточительного к энергоэффективному экономическому развитию.

2. Высокоэмиссионная экономика vs низкоэмиссионная экономика. Трансформационные процессы, наблюдаемые на глобальном энергетическом рынке, в известной мере являются следствием активизации климатической повестки и установления тренда на низкоэмиссионное развитие. Автор считает правильным употреблять термин «низкоэмиссионное развитие» и неправильным, создающим эффект «25-го кадра», термин «декарбонизация». Автор подчеркивает, что в настоящее время этот процесс называется повсеместно на Западе «декарбонизация» (что некритически повторяется многими и в России), ибо сводится к всесторонней поддержке ВИЭ, с одной стороны, и нацеленности на полное исключение из энергобаланса невозобновляемых источников энергии, с другой. Это де-факто представляет собой подмену понятий. Борьба за климатическую повестку, понимаемая как

Энергетика будущего будет построена на комбинации ВИЭ и традиционных источников энергии (НВЭР), которые будут осваиваться низкоэмиссионным способом за счет новых технологий

[2] Справочно: «Константа Башмакова» – показатель, разработанный Башмаковым И. А. (ЦЭНЭФ-XXI) и отражающий зависимость между долей затрат на энергию в ВВП (стоимостная энергоемкость ВВП) и устойчивостью экономического роста. При превышении этим показателем уровня 10–11 % наступают катаклизмы (рецессии и т. д.).

борьба с органическим топливом, в химических формулах которых содержатся молекулы углерода, по сути отрицает научно-технический прогресс, который способен предъявить технологии, обеспечивающие использование органического топлива без выбросов CO_2, будь то собственно безэмиссионные технологии (например, производство водорода методом пиролиза без выбросов CO_2) или технологии улавливания и утилизации произведенного CO_2. Эмиссия парниковых газов, борьба с которой является объявленной целью климатической повестки, есть результат применяемых технологий использования не только тех или иных энергоресурсов, но и материалов по всей восходящей производственной цепочке энерготехнологий – от конечного использования энергии до извлечения сырья для производства оборудования для их использования, будь то НВЭР или ВИЭ. Поэтому ключевым элементом является не наличие или отсутствие молекул углерода в исходном энергоресурсе, а применяемые технологии его использования.

Поэтому в рамках климатической повестки, борьбы с эмиссиями парниковых газов, речь должна идти о низкоэмиссионном устойчивом развитии, для обеспечения которого вовсе не обязательно отказываться от традиционных источников энергии, составляющих основу энергетических систем большинства стран мира.

3. Качество природной среды. Качество природной среды рассматривается автором в качестве отдельного вызова, так как проблемы и риски в области экологии имеют иную природу, нежели угрозы в области борьбы с глобальными изменениями климата и выбросами парниковых газов.

4. Неэнергетические материалы и другие новые вызовы. Относительно новую, но не менее важную группу рисков и неопределенностей составляют вызовы, связанные с обращением с неэнергетическими материалами (редкоземельные металлы) и такими природными ресурсами, как пресная вода, территории, которые могут стать новыми ограничениями для «традиционного» развития, как в свое время стали таковыми энергорасточительное производственное оборудование и предметы потребления, а сегодня – производственное оборудование и предметы потребления с высоким эмиссионным следом. В качестве отдельной экономической категории, которая становится сдерживающим экономическим фактором развития, автор выделяет такой параметр, как «ликвидационная емкость» инвестиционых проектов в силу старения оборудования, необходимости вывода его из эксплуатациии с учетом природоохранных ограничений. При этом оборудование становится как правило более капиталоемким, особенно для шельфовых проектов. Поэтому затраты на его ликвидацию, разные для разных энерготехнологий как по экономическим затратам, так и по самой технической возможности их утилизации. Это может кардинально поменять сравнительную экономику применения данных энерготехнологий.

ЕС выносит технологии грязных производств в третьи страны. Металлургический завод Rourkela, Индия
Источник: sambadenglish.com

Критичность вышеуказанных вызовов четко прослеживается на примере разворачивающегося энергетического кризиса в мире в целом и, в частности, в Европе.

«Конкуренция» под эгидой климатической повестки не имеет ничего общего с экономической конкуренцией, а продвигаемые на замену российскому газу альтернативы оказываются дороже и грязнее его

В условиях усиления и даже ужесточения глобальной конкуренции, климатическая повестка начинает использоваться как инструмент в конкурентной борьбе, в частности, для вытеснения России с ее традиционных рынков невозобновляемых (НВЭР) энергоресурсов для продвижения туда, в частности, более дорогих и неконкурентоспособных альтернатив (например и в первую очередь, СПГ США). Такая «конкуренция» под эгидой климатической повестки не имеет ничего общего с экономической конкуренцией. Тем более, что продвигаемые на замену альтернативы российскому газу оказываются зачастую не только дороже, но и грязнее его (как тот же СПГ США).

В связи с этим климатическая повестка очевидно имеет политическую подоплеку и подразумевает не только и не столько отказ от ископаемого топлива, сколько «отказ от России» («замена грязных импортных молекул на чистые отечественные электроны» – политическая доктрина Евросоюза). Однако, снижая степень зависимости от российских энергоносителей, ЕС обращается на практике сегодня к менее экологичным и более дорогостоящим альтернативам (что вредит экономике Евросоюза и его гражданам), а также неизбежно впадает в зависимость от редкоземельных металлов и иных материалов, необходимых для работы ВИЭ, что приводит к усилению зависимости европейских государств от Китая, являющегося одним из крупных игроков на вышеуказанных рынках.

Технологическая база новой экономики и энергетики

По мнению автора, энергетика будущего будет построена на комбинации ВИЭ и традиционных источников энергии (НВЭР), которые будут осваиваться низкоэмиссионным способом за счет новых технологий.

В соответствии с динамической концепцией автора в отношении «кривой Хабберта», по мере роста спроса обеспеченность добычи доказанными извлекаемыми запасами энергоресурсов будет также расти, а «пик Хабберта» – постоянно сдвигаться вправо-вверх благодаря НТП и интеллектуальной деятельности человека. НТП будет расширять зону сначала технически извлекаемых, а затем и рентабельно извлекаемых (то есть доказанных извлекаемых) запасов и переводить их в зону под «кривую Хабберта», что и будет обеспечивать указанную динамику «пика Хабберта». Таким образом, «ресурсный голод» человечеству не грозит. Вопрос в целесообразности и скорости ввода новых энергоресурсов под «кривую Хабберта».

Свое видение нового технологического уклада автор строит исходя из того, что рамки подобного экспертного прогнозирования составляют два инвестиционных цикла. Имеющиеся материализованные и проинвестированные проекты и технологии позволяют составить представление о том, что ждет мир в ближайшем обозримом будущем, в рамках текущего инвестиционного цикла, а структура сегодняшних НИОКР – в отдаленном будущем, в рамках следующего глобального инвестцикла.

Добыча газа в Китае
Источник: Nikkey Азия / rupec.ru

В рамках любого инвестиционного цикла есть четыре этапа перехода с одного технологического уклада на другой. Сегодняшний уровень добычи энергоресурсов есть результат вчерашних капиталовложений, позавчерашних НИОКР и поза-позавчерашних патентов. Структура сегодняшних патентов дает нам понимание, какие будут НИОКР завтра, капиталовложения послезавтра и уровень добычи после-послезавтра. При этом нужно понимать, что не все патенты реализуются в НИОКР, не все НИОКР переходят в капиталовложения и т. д.

Сланцевая нефтедобыча в США

Источник: oilexp.ru

В качестве исторического примера можно привести «сланцевую революцию» США. Последняя разворачивалась в течении 30 лет – примерно столько, по мнению автора, занимает инновационно-инвестиционный цикл в энергетике. Несмотря на ускорение НТП (т. н. «эффект Шмихулы»), рассчитывать на краткосрочность этого цикла не приходится.

По мнению автора, технологическая база энергетических систем будущего будет определяться на основе следующих принципов:

– основой энергоснабжения станут не ВИЭ, а комбинация из ВИЭ и невозобновляемых источников энергии;
– перечень регулирующих (лимитирующих) параметров будет расширен: если раньше речь шла о физическом наличии и/или ограничении доступа к энергоресурсам в качестве ключевого ограничения, то с течением времени были сформированы требования также об экономической, а затем и энергетической эффективности их использования. На сегодняшний день ограничения в расширении энергоресурсной базы дополняются требованием «эмиссионной эффективности». Кроме того, автор привлекает внимание и к такому аспекту, как «ликвидационная эффективность» (отражает рентабельность вовлечения в хозяйственный оборот тех или иных энергоресурсов, исходя из последующих затрат на вывод из эксплуатации соответствующих инвестиционных капиталоемких проектов, что может быть регламентировано принимающими странами), по которому ВИЭ пока заметно уступают традиционным энергоисточникам (впрочем, как и по «эмиссионной эффективности» производства оборудования для их использования);
– наличие новых ресурсных вызовов неэнергетического характера, о которых шла речь в предыдущем разделе.

Действительность такова, что обеспечить 100%-ю электрификацию на базе ВИЭ без поддерживающей роли ископаемых источников энергии даже в долгосрочной перспективе не представляется возможным

Необходимо указать на контрпродуктивность, по мнению автора, отдельных концепций о том, что нынешний энергопереход является первым и уникальным явлением, или что он является четвертым, в рамках перехода сначала к углю, потом к нефти, потом к газу, а теперь к ВИЭ. Данные концепции предполагают, что «будущее энергетики – за ВИЭ, а от ископаемого топлива нужно отказаться». То есть что цель энергоперехода – это переход от органического топлива к ВИЭ.

Согласно авторской классификации, настоящий энергопереход – даже не четвертый, а седьмой по счету, причем в доугольную (доиндустриальную) эпоху человечество активно развивалось на основе использования ВИЭ (мускульная сила человека, рабочего скота, ветра и воды), от которых потом ушло к более эффективным НВЭР, обеспечивающим мобильность и регулирование выработки/производства в соответствии с динамично меняющимся спросом. Поэтому разговоры о первом или четвертом энергопереходе нужны сегодня как политическое прикрытие борьбы за передел мира.

Автор также считает (и согласен в этом с Самюэлем Фурфари и его книгой «Водородная иллюзия» [4]), что связка «ВИЭ плюс возобновляемый водород», на который сделала ставку Европа, это попытка компенсировать с помощью водорода те изъяны широкомасштабного, построенного на обильных госсубсидиях, развития метеозависимых и недиспетчеризируемых ВИЭ, которое отражало недавнюю концепцию построения энергетического будущего ЕС на основе 100 %-й электрификации за счет исключительно возобновляемой электроэнергии. Объективная же

Строительство газопровода «Сила Сибири» на границе с Китаем

Источник: sdelanounas.ru

Центральной темой в части региональных проектов мироустройства станет переход от Большой энергетической Европы (БЭЕ) к Единому Евроазиатскому энергетическому пространству (ЕЕЭП)

действительность такова, что обеспечить 100 %-ю электрификацию на базе ВИЭ без поддерживающей роли ископаемых источников энергии даже в долгосрочной перспективе не представляется возможным. По крайней мере, до широкомасштабного освоения рентабельных систем хранения энергии в рамках централизованного ее производства и потребления и/или до появления маневренных безэмиссионных электрогенерирующих установок, способных работать как в полупике, так и в пике графика нагрузки.

Целевые ориентиры России в новых условиях

Сегодня, в период слома устоев и глобальной трансформации мирового порядка, основой энергетической политики России должна стать опорная триада: энергоэффективность, природный газ, опора на собственные силы:

1) энергоэффективность: повышение энергоэффективности российской экономики в качестве одного из основных элементов энергетической политики (уменьшение объемов вовлечения первичных энергоресурсов в экономику дает возможность использования высвобождающихся капиталовложений для иных целевых нужд страны) и климатической политики страны (уменьшение объемов использования энергоресурсов как основной источник уменьшение выбросов);

2) природный газ: высвобождающиеся в результате административно-политического вытеснения с европейского рынка объемы российского газа должны быть использованы в первую очередь для удовлетворения спроса на внутреннем рын-

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №2(180) / 2023

ке. Следует интенсифицировать процессы газификации страны, причем не только на основе сетевой газицифкации, используя для этого дополнительные бюджетные поступления от роста экспортных цен;

3) опора на собственные силы: в условиях сохранения и ужесточения санкционного режима ждать возобновления сотрудничества в области энергетики с «недружественными» западными государствами в ближайшее время не приходится. Поэтому необходимым представляется пересмотр моделей участия России в мировой экономике и международном разделении труда.

В прошлом, после распада СССР, возобладала опора (за пределами ВПК) на международное разделение труда (МРД), в рамках преимущественно англо-саксонского/транс-атлантического его измерения. Приоритет МРД возобладал над необходимостью сохранения технологического суверенитета, вплоть до его утраты по ряду отраслей. Превалировали быстрота и цена доступа к западным технологиям, финансам и управленческим решениям в условиях структурного кризиса российской экономики после распада СССР.

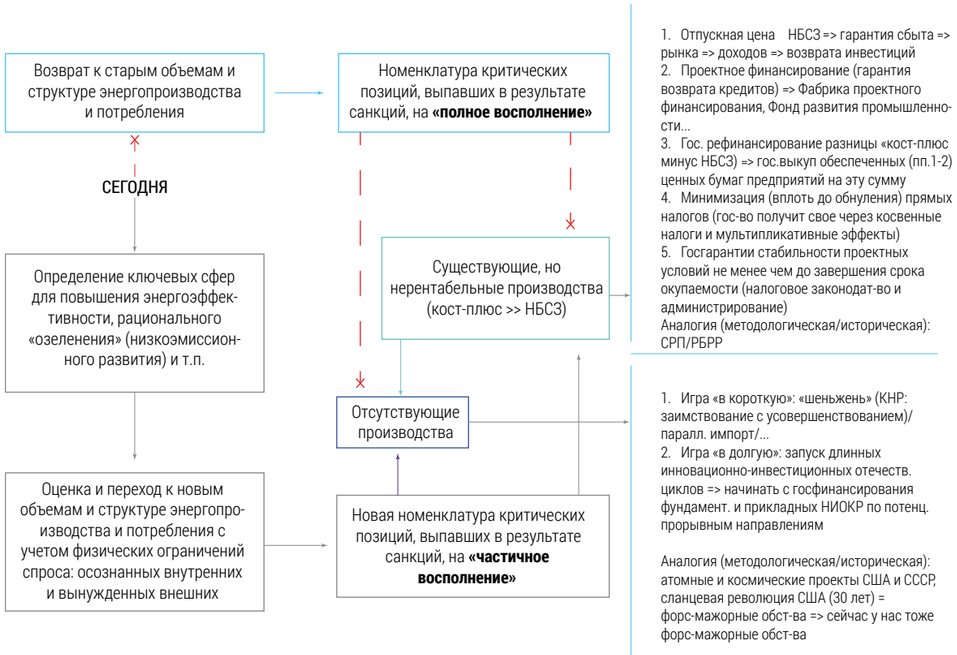
Сегодня, когда перспективы сотрудничества с трансатлантическим сообществом закрыты вследствие отказа США и ЕС от международного права, построенного на равенстве всех суверенных государств, развилка, стоящая перед Россией в области технологического суверенитета, заключается либо в его обретении в международно-правовых рамках (с опорой на международное разделение труда в кругу «дружественных государств» Азии – «поворот на Восток»), либо в рамках «правовой автаркии».

Отныне Россия должна формировать свой собственный технологический, ресурсный и финансовый суверенитет. Возможные варианты действий российского руководства и бизнеса в ответ на антироссийские санкции в ТЭК, по мнению автора, представлены в его работах [5–6] и на рис. 1.

В заключение, автор подчеркивает необходимость активизации российской политики сближения энергетических систем стран на евразийском пространстве. Для этого России следует наращивать взаимодействие с «дружественными странами», совместно с ними разрабатывать единые правила игры, которые не только будут способствовать стимулированию инвестиций, но и помогут достойно ответить на грядущие вызовы, угрозы и риски.

Рис. 1. Варианты действий России в ответ на антироссийские санкции в ТЭК

Источник: материалы выступления Конопляника А. А. на научно-практической конференции «Территория энергетического диалога», октябрь 2022 г. [3]



Газовоз «Владимир Русанов» на Северном морском пути
Источник: static-global.nhst.tech

Автор предлагает пересмотреть позицию в отношении участия России в Договоре к энергетической хартии, так как полагает, что именно модернизированный ДЭХ станет взаимоприемлемой основой формирования ЕЕЭП. Хотя процесс модернизации ДЭХ, который инициировала Россия, проходит без ее участия в связи с выходом страны из процесса, наметившийся массовый исход из ДЭХ стран-членов ЕС, с одной стороны, и, наоборот, приход под крыло Международной энергетической хартии (обновленной политической декларации 2015 г., пришедшей на смену Европейской энергетической хартии 1991 г.) множества новых государств извне «коллективного Запада», в первую очередь государств Евразии, открывает новые возможности для формирования общего правового фундамента инвестиций и торговли в энергетике ЕЕЭП на основе существующей, являющейся неотъемлемой частью международного права, системы инструментов.

Энергетика сохранит свою роль в качестве основы экономического роста как развитых, так и развивающихся государств. Россия обладает необходимыми ресурсами и возможностями для развития собственного потенциала и обеспечения конкурентоспособности российской экономики в новых условиях. В этой связи как никогда актуальным представляется активизация участия России в уже начавшемся процессе трансформационного перехода от Большой энергетической Европы (БЭЕ) к формирующемуся Единому Евроазиатскому энергетическому пространству (ЕЕЭП) с целью оптимального позиционирования в нем.

Статья подготовлена в качестве доклада для Первой научно-практической конференции «Территория энергетического диалога», организованной РЭА Минэнерго России и Фондом «Росконгресс» при поддержке Минэнерго России.

Использованные источники

1. *Giovanni Arrighi, The long twentieth century: money, power, and the origins of our times. London: Verso, 1994. (Арриги Джованни. Долгий двадцатый век: Деньги, власть и истоки нашего времени / Пер. с англ. А. Смирнова и Н. Эдельмана.— М.: Издательский дом «Территория будущего», 2006 (серия «Университетская библиотека Александра Погорельского»).— 472 с.*
2. *Deglobalisation: will backlash against Russia lead to downturn in open trade? Financial Times. April 04, 2022. Available at: URL: https://www.ft.com/content/279d0bf0-a58f-40c5-951f-84ecd54fe3f0*
3. *Материалы выступления Конопляника А.А. на Панельной сессии «Образ будущего. Футуризм и коридоры возможностей для ТЭК» в рамках Научно-практической конференции «Территория энергетического диалога», октябрь 2022 г. URL: www.konoplyanik.ru/speeches/221011-Конопляник-РЭН%20-%20сокр.pdf*
4. *Samuel Furfari. The Hydrogen Illusion. Independently published, 2020 (Самюэль Фурфари. Водородная энергетика без прикрас. Самиздат. 09.09.2020. Напечатано в Польше, Вроцлав) – 182 с.*
5. *Конопляник А. Антироссийские санкции в ТЭКе и пути их преодоления. // «Независимая газета – ежемесячное приложение «НГ-Энергия»», 17.05.2022, С.11.*
6. *Конопляник А. Размышления на тему антироссийских санкций в ТЭК и возможностей их преодоления. // «Нефтегазовая Вертикаль», №6/2022, С. 50–61 (часть 1), №7/2022, С. 22–31 (часть 2).*

УДК 622.691.4 (571) DOI 10.46920/2409-5516_2023_2180_70 EDN: NKGTOM

Особенности газификации азиатских регионов России

Features of gasification of Asian regions of Russia

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

Boris SANEEV
Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the «Complex Energy Problems and Regional Energy Policy» Research Area, Head of the Department, Melentiev Energy Systems Institute SB RAS, Irkutsk
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

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

Ввод в эксплуатацию ГТС «Сахалин – Хабаровск – Владивосток» *Источник: «Газпром»*

Аннотация. В статье рассматриваются особенности газификации азиатских регионов РФ в сравнении с регионами европейской части страны. Отмечается кардинальное отставание по уровню газификации азиатских регионов РФ от европейских регионов страны. Приводятся основные сдерживающие и способствующие развитию газификации азиатских регионов России факторы.
Ключевые слова: природный газ, газопровод, система газоснабжения, регион, газификация, уровень газификации.

Abstract. The article discusses the features of gasification of the Asian regions of the Russian Federation in comparison with the regions of the European part of the country. There is a cardinal lag in the level of gasification of the Asian regions of the Russian Federation from the European regions of the country. The main factors constraining and contributing to the development of gasification in the Asian regions of Russia are given.
Keywords: natural gas, gas pipeline, gas supply system, region, gasification, gasification.

В Хакасии, Тыве, Бурятии, Забайкальском крае, Амурской и Магаданской областях, Еврейской АО, сетевая газификация отсутствует вообще

Объекты ГТС «Сила Сибири»
Источник: «Газпром»

Введение

Общеизвестно, что газификация позволяет значительно повысить уровень жизни и комфортность бытовых условий населения, способствует социально-экономическому развитию и экологическому благополучию регионов. При этом газификация может осуществляться как сетевым природным газом (ПГ), так и альтернативными видами – сжиженным углеводородным газом (СУГ) и сжиженным природным газом (СПГ).

Развитие газификации азиатских регионов РФ предметно начало рассматриваться с начала текущего столетия в программных документах разного уровня, таких как:

- государственная 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 (Минэнерго РФ) [1];
- генеральные схемы газоснабжения и газификации регионов СФО и ДФО («Газпром»);
- энергетические стратегии регионов Сибири и Дальнего Востока (Промгаз, ИСЭМ СО РАН) [2–6].

В современных политико-экономических условиях (сокращение экспорта природного газа в Европу с переориента-

Строительство Амурского ГПЗ

Источник: «СИБУР»

цией на восток, необходимость увеличения внутреннего спроса на природный газ) вопросы газификации азиатских регионов России становятся особенно актуальными.

Уровни газификации регионов

Активная газификация регионов в нашей стране началась в 2000-х гг. В период с 2005 по 2021 гг. проложено более 2,5 тыс. газопроводов общей протяженностью более 35,5 тыс. км. В итоге уже газифицировано 43 млн квартир и домовладений в 48 тыс. населённых пунктах и 76 регионах, а средний уровень газификации вырос с 53,3 до 72 %. Для ускорения газификации регионов в последнее время принят ряд федеральных законов и постановлений Правительства РФ. Единым оператором газификации в большинстве регионов определено ООО «Газпром газификация» (дочернее предприятие ООО «Газпром межрегионгаз»), входящее в группу «Газпром», а в 13 субъектах РФ определены региональные операторы газификации. На ближайшую перспективу утверждены пятилетние программы газификации 68 субъектов РФ. В период 2021–2025 гг. планируется вложить в газификацию почти 800 млрд руб., газифицировать более 3 600 населенных пунктов, перевести на газ более 3 200 котельных и построить более 24 000 км межпоселковых газопроводов. Это позволит повысить уровень газификации в стране до 75 %. Целевым является уровень газификации в 83 % к 2030 г. [7].

В регионах, в которых отсутствуют ЕСГ и региональные системы газоснабжения, газовые или газоконденсатные месторождения, развивается только автономная газификация с использованием СУГ или СПГ

Однако столь впечатляющие показатели газификации главным образом относятся к регионам европейской части России. Так, наиболее высокий уровень газификации к 01.01.2021 г. был достигнут в Центральном, Южном, Северо-Кавказском и Приволжском федеральных округах (82,5–86,5 %) (таблица 1), где уровень газификации отдельных субъектов превысил 95 %.

В азиатских регионах страны, несмотря на наличие здесь огромных запасов природного и попутного газа, картина иная – уровень газификации в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах соответственно составляет всего 25 и 23,9 %. Наибольший уровень сетевой газификации в этих округах достигнут в Новосибирской области (53,4 %) и Хабаровском крае (59,6 %). В ряде субъектов (Республики Хакасия, Тыва, Бурятия, Забайкальский край, Амурская, Магаданская

Федеральный округ	Уровень газификации в 2020 г.,%	
	ПГ	ПГ/СУГ/СПГ
Центральный	85,8	86
Северо-Западный	59,3	60
Южный	82,5	82,7
Северо-Кавказский	85,5	85,9
Приволжский	86,4	86,5
Уральский	76,8	76,9
Сибирский	24,1	25
Дальневосточный	23,1	23,9
Российская Федерация	70,4	70,9

Таблица 1. Уровни газификации федеральных округов РФ

Источник: Минэнерго России

области, Еврейская АО) сетевая газификация отсутствует. В большинстве азиатских регионов (за исключением Магаданской, Сахалинской областей и Чукотского автономного округа) для частичной газификации и в качестве газомоторного топлива используется СУГ (таблица 2).

Особенности и факторы развития газификации азиатских регионов

В плане газификации регионы могут быть отнесены (с учетом уровня и перспектив развития систем газоснабжения) к следующим трем группам.

Регионы, имеющие развитую систему газоснабжения, подключенную к Единой системе газоснабжения (ЕСГ) – газификация таких регионов осуществляется преимущественно сетевым природным газом. Для отдаленных районов региона может применяться автономная газификация [8]. К этой группе можно отнести большинство регионов европейской части страны, а также регионы Западной Сибири, газоснабжение которых осуществляется от ЕСГ (Омская, Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край и Республика Алтай).

Таблица 2. Уровни газификации азиатских регионов РФ

Источник: Минэнерго России

Регион	Уровень газификации в 2020 г.,%	
	ПГ	ПГ/СУГ/СПГ
Омская область	49,3	52,2
Томская область	49,1	49,2
Новосибирская область	53,4	53,7
Алтайский край	22,3	23,9
Республика Алтай	17,2	19,5
Кемеровская область	18,1	18,4
Республика Тыва	0	4,7
Республика Хакасия	0	1
Красноярский край	17,8	18,5
Иркутская область	1,4	2,1
Республика Бурятия	0	0,1
Республика Саха	40	40,1
Забайкальский край	0	2,5
Камчатский край	46	46
Приморский край	23,7	23,8
Хабаровский край	59,6	61,6
Амурская область	0	0,6
Магаданская область	0	0
Сахалинская область	39,9	39,9
Еврейская АО	0	1,6
Чукотский АО	20,9	20,9

Расширение использования СУГ в азиатских регионах страны маловероятно из-за волатильности цен в связи с отменой с 1 января 2019 г. регулирования оптовых цен на этот вид газа

Регионы, в которых существует региональная система газоснабжения или имеются газовые или газоконденсатные месторождения, проводят газификацию за счет создания или развития региональных систем газоснабжения на базе освоения местных месторождений, а также подключения к системам газоснабжения соседних регионов. В перспективе возможно подключение к ЕСГ [8]. К этой группе может быть отнесено большинство регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока (Камчатский, Красноярский, Приморский, Хабаровский, Забайкальский края, Сахалинская, Иркутская и Амурская области, Республики Саха (Якутия) и Бурятия, Чукотский автономный округ и Еврейская автономная область).

В регионах, в которых отсутствуют ЕСГ и региональные системы газоснабжения, газовые или газоконденсатные месторождения, развивается только автономная газификация [8] с использованием СУГ или СПГ. Сюда относятся удаленные от потенциальных источников сетевого газа регионы, такие как Магаданская область, Республики Тыва и Хакасия.

Густонаселенность территории, наличие большого количества якорных потребителей (в том числе экспортных магистральных газопроводов), относительно высокие цены на альтернативные энергоносители обусловили главную особенность регионов европейской части страны в плане газификации – развитость систем газоснабжения. Практически все они охвачены магистральными газопроводами, подключены к ЕСГ и отличаются высоким уровнем газификации. Поэтому дальнейшее развитие газификации в них связано главным образом с сооружением межпоселковых и внутрипоселковых газопроводов, газопроводов-вводов, а также с увеличением пропускной способности действующих магистральных газопроводов и газораспределительных станций там, где возникает необходимость.

Азиатские регионы страны в настоящее время отличаются слабой развитостью, либо отсутствием СГС и, как следствие, низким уровнем газификации.

Это обусловлено такими региональными особенностями как:

– низкая плотность населения;
– пространственная разбросанность населенных пунктов;

Чаяндинское месторождение

Источник: «Газпром»

Рис. 1. Схема существующих и проектируемых МГ в азиатских регионах РФ

Источник: основа рисунка заимствована из [1]

– отсутствие крупных якорных потребителей;
– относительно низкие цены на альтернативные энергоресурсы (местные угли, электроэнергия);
– низкая платежеспособность потребителей;
– сложные природно-климатические условия.

Перечисленные факторы обусловливают высокую капиталоемкость и низкую окупаемость проектов по газификации этих регионов, особенно восточносибирских и дальневосточных. А введение методики составления целевых топливно-энергетических балансов регионов [9], ориентированной на цену природного газа в качестве единственного критерия, фактически ставит крест на развитии на их территории сетевой газификации. Между тем население этих регионов (особенно сельское), испытывая на себе тяготы сложных природно-климатических условий, не в меньшей, а в большей мере нуждается в повышении комфортных и экологичных условий проживания, которые может обеспечить газификация. Необходимо, как справедливо отмечается в [10], доработать методику составления региональных ТЭБ, отразив в ней особенности негазифицированных территорий.

Вместе с тем наличие большого количества месторождений газа, в том числе крупнейших (Ковыктинское, Чаяндинское, Южно-Киринское), и появление крупных якорных потребителей в виде экспортных магистральных газопроводов «Сила Сибири 1», «Сила Сибири 2» и «Сила Сибири 3» (таблица 3, рис. 1), могут придать импульс развитию газификации азиатских регионов России.

В перспективе сетевым природным газом от местных месторождений, существующих и проектируемых магистральных газопроводов могут быть газифицированы населенные пункты, расположенные вдоль трасс прохождения этих газопроводов.

Наличие крупнейших месторождений (Ковыктинское, Чаяндинское) и появление экспортных газопроводов «Сила Сибири 1,2» могут придать импульс газификации азиатских регионов России

В отдаленных субъектах и районах, в том числе в арктической зоне, развитие газификации в основном будет связано с СПГ-проектами. Проекты малотоннажных СПГ-установок рассматриваются в Якутии, Кемеровской, Томской, Иркутской, Амурской и Сахалинской областях, в Красноярском и Хабаровском краях [11]. Дальнейшая газификация Камчатского края, ввиду недостаточности местной сырьевой базы, будет осуществляться с использованием СПГ, поставляемого с крупнотоннажного завода СПГ проекта «Сахалин 2» [12].

Расширение использования СУГ в азиатских регионах страны маловероятно из-за волатильности цен в связи с отменой с 1 января 2019 г. регулирования оптовых цен на этот вид газа. Так, например, по данным [13] оптовые цены СУГ в 2021 г. на Санкт-Петербургской международной товарно-сырьевой бирже достигали уровня 43 тыс. руб./т.

Дополнительным положительным фактором к расширению газификации восточных регионов РФ могут стать многокомпонентность местного природного газа (содержащего в том числе гелий) и создание на этой базе газохимических производств с высокой степенью передела (Амурский ГПЗ, Амурский ГХК, Усть-Кутский завод полимеров).

Учет экологического фактора (а не только конкурентной цены газа) при оценке эффективности проектов газификации также может увеличить масштабы газификации в азиатских регионах. Этому может поспособствовать и федеральный проект

Южно-Сахалинская ТЭЦ
Источник: sakhalinenergo.ru

«Чистый воздух» национального проекта «Экология», в состав которого включены города Красноярск, Братск, Норильск, Чита, Гусиноозерск, Селенгинск, Улан-Удэ, Кызыл, Абакан, Петровск-Забайкальский, Ачинск, Лесосибирск, Минусинск, Уссурийск, Комсомольск-на-Амуре, Чегдомын, Ангарск, Зима, Иркутск, Свирск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Шелехов, Южно-Сахалинск [14].

Дополнительным фактором, способствующим развитию газификации восточных регионов страны, могло бы стать использование на эти цели части НДПИ, как минимум в регионах добычи попутного газа.

Таблица 3. Потенциальные источники газификации восточных регионов России

Регион	Потенциальные источники газификации
Республика Тыва	СПГ
Республика Хакасия	СПГ
Красноярский край	Местные месторождения, МГ Сила Сибири 2, СПГ
Иркутская область	Местные месторождения, МГ Сила Сибири 1 и 2, СПГ
Республика Бурятия	МГ Сила Сибири 2, СПГ
Республика Саха	Местные месторождения, МГ Сила Сибири 1, СПГ
Забайкальский край	СПГ
Камчатский край	Местные месторождения, СПГ
Приморский край	МГ Сахалин – Хабаровск – Владивосток, МГ Сила Сибири 3, СПГ
Хабаровский край	МГ Сахалин – Хабаровск – Владивосток, МГ Сила Сибири 3, СПГ
Амурская область	МГ Сила Сибири 1, СПГ
Магаданская область	СПГ
Сахалинская область	Местные месторождения, СПГ
Еврейская АО	Продолжение МГ Сила Сибири 1 до Хабаровска, СПГ
Чукотский АО	Местные месторождения, СПГ

Заключение

Газификация регионов европейской части РФ осуществляется достаточно успешно, а в последние годы ускоренными темпами благодаря так называемой «Программе догазификации». Газификация азиатских регионов РФ по ряду причин существенно отстает и фактически находится в зачаточном состоянии. Развитие газификации этих регионов в обозримой перспективе будет возможно при выполнении следующих условий:

- успешное освоение и вывод на проектную мощность основных месторождений природного газа;
- развитие газотранспортной инфраструктуры, в первую очередь за счет экспортных газопроводов;
- реализация СПГ-проектов и широкое применение СПГ в удаленных районах;
- пересмотр подхода к определению целесообразности газификации регионов на основе целевого прогнозного ТЭБ с учетом только цены природного газа в сторону дополнительного учета экологической и социальной составляющих;
- обеспечение инвестиций, в том числе с использованием части НДПИ, как минимум, в регионах добычи ПГ.

В связи с резким изменением политико-экономической ситуации, необходимостью увеличения внутреннего спроса на газ, сокращением экспорта газа в Европу и переориентацией на Восток, возрастает актуальность системного рассмотрения вопросов газификации азиатских регионов России. Назрела необходимость скоординированной актуализации таких программных документов, как Энергетическая стратегия России, энергетические стратегии и генеральные схемы газоснабжения и газификации азиатских регионов РФ с выходом на актуализированный вариант «Восточной газовой программы».

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*
2. *Энергетическая стратегия Томской области на период до 2020 г.: Условия, цели, приоритеты и задачи развития топливно-энергетического комплекса области и основных ее отраслей. Авт.: А.М. Карасевич, В.М. Кресс, Н.И. Воропай и др. – М: Страховое ревю, 2004. – 108 с.*
3. *Энергетическая стратегия Алтайского края на период до 2020 г.: Цели, приоритеты и задачи развития ТЭК. Авт.: А.М. Карасевич, А.Б. Карлин, Г.Г. Лачков и др. – М: Страховое ревю, 2009. – 136 с.*
4. *Топливно-энергетический комплекс Сахалинской области: современное состояние и перспективы развития / Под ред. Б.Г. Санеева, В.Н. Тихоньких. – М.: Энергия, 2010. – 232 с.*
5. *Топливно-энергетический комплекс Амурской области: современное состояние и перспективы развития / Под ред. Б.Г. Санеева и В.Е. Пескова. – М.: Энергия, 2010. – 240 с.*
6. *Топливно-энергетический комплекс Иркутской области: современное состояние и перспективы развития / Под ред. Б.Г. Санеева, П.А. Воронина. – М.: Энергия, 2013. – 304 с.*
7. *А. Новак. Ускоренная газификация регионов России – благополучие и комфорт наших граждан. – URL: https://energypolicy.ru/uskorennaya-gazifikacziya-regionov-rossii-blagopoluchie-i-komfort-nashih-grazhdan/business/2022/13/12/*
8. *Концепция участия ОАО «Газпром» в газификации регионов Российской Федерации. – М: ОАО «Газпром», 2009. – 22 с.*
9. *Порядок составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований. – URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202111120011?ysclid=laurlnwjr7843979354*
10. *Сторонский Н.М., Тверской И.В., Самойлов Р.В., Сухарев М.Г. Проблемы развития газоснабжения в регионах, удаленных от объектов газовой инфраструктуры России // Нефтегазовая вертикаль. № 5, 2022. С. 32–40.*
11. *СУГ и СПГ для автономной газификации // Газовый бизнес. № 1, 2022. С. 13–22.*
12. *Правительство в очередной раз проработает возможность поставок СПГ на Камчатку. – URL: https://neftegaz.ru/news/spg-szhizhennyy-prirodnyy-gaz/753750-pravitelstvo-v-ocherednoy-raz-prorabotaet-vozmozhnost-postavok-spg-na-kamchatku/*
13. *Цена СУГ на бирже обновила очередной исторический максимум. – URL: https://neftegaz.ru/news/Trading/690559-vse-eshche-v-nebesakh-tsena-sug-na-birzhe-obnovila-ocherednoy-istoricheskiy-maksimum*
14. *Число городов – участников проекта «Чистый воздух» вырастет до 41. – URL: https://iz.ru/1360316/2022-07-06/chislo-gorodov-uchastnikov-proekta-chistyi-vozdukh-vyrastet-do-41*

УДК 339.92 DOI 10.46920/2409-5516_2023_2180_78 EDN: MRNUBI

Энергетическая геополитика и трансформация ШОС: от Центральной Азии к Евразии и многополярному миру

Energy geopolitics and the transformation of the Shanghai Cooperation Organization: from Central Asia to Eurasia and the multipolar world

Гюльнар ХАЛОВА
Профессор, д. э. н., Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина
e-mail: khalovag@yandex.ru

Никита ИЛЛЕРИЦКИЙ
Младший научный сотрудник, Центр энергетических исследований ИМЭМО РАН имени Е.М. Примакова
e-mail: illernick@yandex.ru

Gulnar KHALOVA
Dr. Sci. (Econ.), Professor, Gubkin Russian State University of Oil and Gas» (National Research University)
e-mail: khalovag@yandex.ru

Nikita ILLERITSKIY
Master student, Junior Researcher, Center for Energy Research of Primakov Institute of World Economy and International Relations of Russian Academy of Sciences (IMEMO)
e-mail: illernick@yandex.ru

Месторождение Тенгиз, Казахстан *Источник: upstreamonline.com*

Аннотация. В статье рассматривается энергетическое сотрудничество государств Шанхайской организации сотрудничества (ШОС), объединяющее в настоящий момент восемь государств Евразии с потенциалом на увеличение числа участников. В рамках исследования авторами показан экономический и энергетический потенциал государств ШОС и их роль в мировой экономике. Кроме этого, проведен анализ данных по запасам и добыче нефти, газа и угля, а также изучен вопрос развития возобновляемой и атомной энергетики в рамках государств ШОС. На основе проведенного исследования выявлена роль энергетического клуба ШОС в укреплении энергетического сотрудничества между странами. Кроме этого, авторы показали, что переход государств ШОС на торговлю энергоносителями в национальных валютах позволит снизить роль доллара США в мировой экономике. В статье делается вывод о том, что ШОС, наряду с ЕАЭС, формирует новую архитектуру социально-экономического миропорядка XXI века.
Ключевые слова: Шанхайская организация сотрудничества, энергетический клуб ШОС, нефть, газ, уголь, возобновляемая энергетика, атомная энергетика, энергетическое сотрудничество.

Abstract. The article discusses the energy cooperation of the Shanghai Cooperation Organization (SCO) states, which currently unites eight states of Eurasia with a further potential to increase the number of participants. As part of the study, the authors show the economic and energy potential of the SCO states and their role in the global economy. In addition, the authors analyzed data on reserves and production of oil, gas and coal, and studied the development of renewable and nuclear energy within the SCO states. On the basis of the study, the role of the SCO energy club in strengthening energy cooperation between countries was revealed. In addition, the authors show that the transition of the SCO states to trade in energy resources in national currencies will reduce the role of the US dollar in the world economy, and therefore, a reasonable conclusion is made that the SCO, along with the EAEU, forms a new architecture of the socio-economic world order of the XXI century.
Keywords: Shanghai Cooperation Organization, SCO energy club, oil, gas, coal, renewable energy, nuclear power, energy cooperation.

Распад СССР стал крупнейшей геополитической катастрофой XX века и привел к формированию новых государств на Евразийском континенте. В 1990-е гг. в условиях дестабилизации и роста напряженности на постсоветском пространстве существенно возросли риски терроризма, экстремизма и сепаратизма, обострились межнациональные и внутринациональные конфликты и противоречия, в том числе спровоцированные и усиленные внешним вмешательством. Это обусловило необходимость создания организации, которая на основании принципов добрососедства, взаимного доверия и взаимовыгодного сотрудничества обеспечила бы коллективную безопасность и трансграничное взаимодействие данных стран. С этими целями четыре из пяти бывших центральноазиатских республик СССР (Казахстан, Узбекистан, Кыргызстан и Таджикистан) объединились с крупнейшими странами Евразии – Российской Федерацией и Китаем, образовав в 2001 г. Шанхайскую организацию сотрудничества (ШОС).

В 2017 г. одной из ключевых вех в развитии и расширении ШОС стало вступление в организацию Индии и Пакистана – крупнейших государств Южной Азии. Несмотря на длительный период разногласий и соперничества в треугольнике «Китай – Индия – Пакистан», их совместное участие в ШОС позволило снизить уровень напряженности и сформировать долгосрочную повестку сотрудничества. В 2022 г. произошло очередное важное расширение организации – в состав ШОС вошла Исламская Республика Иран. Кроме того, партнерами по диалогу ШОС являются Саудовская Аравия, Катар, Египет, Азербайджан, Армения, Камбоджа, Непал, Турция и Шри-Ланка (рис. 1).

Таким образом, ШОС из достаточно узкого военно-политического блока трансформировалась в крупнейшую международную организацию, которая способствует укреплению и расширению

Рис. 1. Государства-участники, наблюдатели и партнеры по диалогу ШОС

Источник: составлено авторами

политического, экономического, энергетического, торгового, научного и культурного сотрудничества, а также развитию отношений в сферах образования, транспорта, связи и так далее. При этом государства-члены ШОС обладают одним из самых значительных потенциалов в части экономики, энергетики, военной сфере и демографии (таблица 1).

Энергетическое сотрудничество государств ШОС

С момента основания организации энергетическое сотрудничество является одним из приоритетных направлений деятельности ШОС. Согласно принятой в 2019 г. программе торгово-экономического сотрудничества государств организации на период до 2035 г., энергетическая сфера выделена в отдельное направление [1]. Координация действий в данной сфере осуществляется через сформированный энергетический клуб ШОС.

Изначально о необходимости создания энергетического клуба ШОС было объявлено в 2006 г. в рамках саммита ШОС в Шанхае президентом России В. В. Путиным. Стоит отметить, что только к концу 2011 г. в рамках саммита ШОС в г. Санкт-Петербурге было принято окончательное решение о его создании и в конце 2013 г. странами-участницами ШОС, наблюдателями организации и странами-партнерами по диалогу был подписан меморандум о создании энергетического клуба.

Создание энергетического клуба ШОС – весьма обоснованный шаг, поскольку государства ШОС располагают значительными запасами топливно-энергетических ресурсов: нефти, природного газа, угля, а также являются крупнейшими в мире потребителями энергии и энергоносителей. На территории государств ШОС сконцентрировано 28 % мировых запасов нефти (таблица 2).

Лидерами по запасам природного газа среди стран-членов ШОС являются Россия, на долю которой приходится почти пятая часть от мировых запасов, Иран (более 17%) и Китай (около 4,5%)

Потенциал	Шанхайская организация сотрудничества
Военный	Четыре крупнейшие страны объединения являются ядерными державами (Россия, Китай, Индия и Пакистан). Суммарная численность вооруженных сил стран ШОС превосходит 15 млн человек, что больше, чем у любого другого военно-политического объединения в мире
Политический	Две страны ШОС – Российская Федерация и Китайская Народная Республика являются постоянными членами Совета Безопасности ООН
Демографический	Численность населения стран организации превышает 40 % от мировой численности населения
Территориальный	Страны ШОС занимают около 1/4 поверхности суши Земли
Экономический	ВВП стран ШОС составляет более 30 % от мирового объема ВВП
Энергетический	Государства-участники ШОС располагают чуть менее 1/5 от мировых запасов нефти, около 1/2 от мировых запасов природного газа, около 2/5 от мировых запасов угля и около 1/4 от мировых запасов урана

Таблица 1. Оценка потенциала стран ШОС в мировой экономике и геополитике

Источник: составлено авторами на основе [1, 4]

Странами-лидерами по запасам нефти являются Иран (на долю которого приходится более 9 % от мировых запасов) и Россия (более 6 % от мировых запасов). На Казахстан с Китаем приходится 1,7 и 1,5 % от мировых запасов нефти, соответственно. Как видно из таблицы 2, из государств-участников ШОС только Россия, Казахстан и Иран могут обеспечить нужды собственного потребления без дополнительных объемов импорта нефти.

Помимо нефти, страны ШОС обладают значительными объемами запасов природного газа (таблица 3).

Лидерами по запасам природного газа среди стран-членов ШОС являются Россия, на долю которой приходится почти пятая часть от мировых запасов, Иран (более 17 %), а также Китай (около 4,5 %) и Казахстан (около 1,2 %). Профицитный баланс природного газа характерен только для России, Ирана, Узбекистана и Казахстана, прочие страны ШОС в различной степени зависят от его импорта. Высокую значимость имеет потенциал развития угольной промышленности стран ШОС (таблица 4).

На долю стран ШОС приходится чуть более 2/5 от мировых запасов угля, а объем его добычи и потребления превышает 2/3 от мировых. Для Китая, Индии и Казахстана, а также ряда регионов России сохраняется высокая значимость угля как основного топлива в теплоэлектроэнергетике.

Помимо традиционных источников энергии, государства ШОС предпринимают шаги по развитию возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и атомной энергетики. Среди стран ШОС лидером в области развития ВИЭ является Китай. По состоянию на начало 2023 г. установленные мощности ветровых электростанций КНР достигают около 40 % от мировых. На долю Индии приходится около 5 % от установленных мощностей ВЭС, на долю Пакистана и Российской Федерации по 0,2 %. В сумме объем установленных мощностей ветровой электрогенерации стран ШОС достигает более 45 %.

Установленные мощности солнечных электростанций КНР составляют более 36 % от мировых, на долю Индии приходится около 6 %, на долю Пакистана – около

Таблица 2. Запасы, добыча и потребление нефти в странах ШОС

Источник: составлено авторами на основе [1]

Страна	Запасы, млрд т	К миру, %	Добыча, млн т	К миру, %	Потребление, млн т	К миру, %
Россия	14,8	6,2	536,4	12,7	154,3	3,6
Китай	3,5	1,5	198,9	4,7	718,5	16,9
Индия	0,6	0,3	34	0,8	220,5	5,2
Пакистан	–	–	–	–	23,3	0,5
Иран	21,7	9,1	167,7	4	73,9	1,7
Казахстан	3,9	1,7	86	2	14,5	0,3
Кыргызстан	–	–	–	–	–	–
Таджикистан	–	–	–	–	–	–
Узбекистан	0,1	–	2,7	0,1	3,9	0,1
Всего	44,6	18,8	1025,7	24,3	1208,9	28,3

Страна	Запасы, трлн м³	К миру, %	Добыча, млрд м³	К миру, %	Потребление, млрд м³	К миру, %
Россия	37,4	19,9	701,7	17,4	474,6	11,8
Китай	8,4	4,5	209,2	5,2	378,7	9,4
Индия	1,3	0,7	28,5	0,7	62,2	1,5
Пакистан	0,4	0,2	32,7	0,8	44,8	1,1
Иран	32,1	17,1	256,7	6,4	241,1	6
Казахстан	2,3	1,2	32	0,8	15,1	0,4
Кыргызстан	–	–	–	–	Менее 1	Менее 1
Таджикистан	–	–	–	–	Менее 1	Менее 1
Узбекистан	0,8	0,4	50,9	1,3	46,4	1,1
Всего	82,7	44,0	1311,7	32,6	1262,9	31,3

Таблица 3. Запасы, добыча и потребление газа в странах ШОС

Источник: составлено авторами на основе [1]

0,1 %, на долю России – 0,2 %. Таким образом, и по установленным мощностям СЭС ШОС является мировым лидером, на долю государств-участников организации приходится более 2/5 от мировых установленных мощностей.

Рассматривая потенциал ШОС в области гидроэнергетики, необходимо отметить, что на долю государств-участников приходится около 2/5 от мировой выработки электроэнергии на ГЭС. Лидером среди государств ШОС по этому показателю также является Китай, который производит более 30 % от мировой выработки электроэнергии на ГЭС, далее следует Россия (5 %), Индия (3,8 %), Пакистан (0,6 %), Иран (0,3 %), Казахстан (0,2 %) и Узбекистан (0,1 %) соответственно.

Отметим, что потенциал в области выработки электроэнергии с использованием геотермальных источников, биомассы и других видов ВИЭ среди членов ШОС существенно различается. Безусловным лидером тут также является Китай, на долю которого приходится чуть более 22 % от мировой генерации электроэнергии из данных видов ВИЭ, за КНР следует Индия, на долю которой пришлось 4,7 % от мировой выработки электроэнергии, на остальные страны организации приходится в совокупности чуть больше 0,25 % от мировой выработки электроэнергии с использованием геотермальной энергии, биотоплива и других видов ВИЭ.

Мировым лидером по объему установленной мощности и выработке электроэнергии на АЭС является Китай (14,6 %), за ним следует Россия (7,9 %), Индия (1,6 %), Пакистан (0,6 %) и Иран (0,1 %). Таким образом, на долю стран ШОС приходится около четверти мировой выработки энергии атомными электростанциями.

В области топливно-энергетического комплекса наиболее тесными партнерами в рамках ШОС являются Россия и Китай, Россия и Казахстан, Россия и Индия, которые сформировали комплекс крупнейших энергетических проектов Евразии, включая проекты по модернизации и строительству взаимосвязанной энергетической и транспортно-логистической инфраструктуры на континенте. В новых геополитических и геоэкономических условиях после 2022 г. взаимодействие между странами

Таблица 4. Запасы, добыча и потребление угля в странах ШОС

Источник: составлено авторами на основе [1]

Страна	Запасы, млрд т	К миру, %	Добыча, млн т	К миру, %	Потребление, млн т	К миру, %
Россия	162,2	15,1	433,7	5,3	214,3	2,1
Китай	143,2	13,3	4126	50,5	5411,5	53,8
Индия	111,1	10,3	811,3	9,9	1261,6	12,5
Пакистан	3,1	0,3	7,5	0,1	42,2	0,4
Иран	–	–	–	–	4,6	0,005
Казахстан	25,6	2,4	115,7	1,4	98	1
Кыргызстан	–	–	–	–	–	–
Таджикистан	–	–	–	–	–	–
Узбекистан	1,4	0,1	4,8	0,1	4,6	0,005
Всего	446,6	41,5	5499	67,3	7036,8	69,81

ШОС в области топливно-энергетического комплекса, и в первую очередь, развитие перспективных совместных проектов, представляет наибольший интерес и высокую значимость для всех государств-участников ШОС.

Крупнейшие перспективные энергетические проекты ШОС

Важнейшим для России и Китая перспективным проектом является магистральный газопровод «Сила Сибири-2» и его продолжение «Союз Восток». Ожидается, что данный проект пройдет из России в Китай по территории Монголии. Предполагаемая мощность проекта составляет ежегодно около 50 млрд м³, что сопоставимо с «Северным потоком». По состоянию на начало 2023 г. выполнено технико-экономическое обоснование, ведется проектирование магистрального газопровода.

По результатам прошедшего в сентябре 2022 г. в г. Самарканд саммита государств ШОС, заместитель председателя Правительства Российской Федерации А. Новак объявил о начале реализации проекта «Пакистанский поток». Предполагаемая протяженность газопровода составит более 1 тыс. км, он позволит соединить газовую инфраструктуру юга и севера Пакистана для обеспечения возможности поставок СПГ, в том числе и российского, с юга страны на север. Проектная мощность

Среди стран ШОС лидером в области развития ВИЭ является Китай. По состоянию на начало 2023 г. установленные мощности ветровых электростанций КНР достигают около 40 % от мировых

магистрального газового трубопровода составляет чуть менее 12,5 млрд м³ ежегодно, однако предполагается, что его пропускная способность может быть увеличена до 16 млрд м³.

Вместе с тем, предполагается, что «Пакистанский поток» позволит соединить его с одним из крупнейших магистральных газовых трубопроводов – ТАПИ («Туркменистан – Афганистан – Пакистан – Индия»). Предполагаемая мощность ТАПИ составляет около 33 млрд м³ в год. Реализация данных проектов позволит обеспечить поставки природного газа из Туркмении в Пакистан. Кроме того, сторонами продолжается технико-экономическая оценка возможностей и вариантов поставок природного газа из Ирана в Пакистан и Индию (сухопутный и морской варианты газопроводов «Иран – Пакистан – Индия» мощно-

Порт Карачи, Пакистан

Источник: funart.pro

Мировым лидером по объему установленной мощности и выработке электроэнергии на АЭС является Китай (14,6 %), за ним следует Россия (7,9 %), Индия (1,6 %), Пакистан (0,6 %) и Иран (0,1 %).

стью до 30 млрд м^3 в год). Таким образом, на стыке Центральной и Южной Азии формируется мощная система магистральных газопроводов, суммарный объем поставок трубопроводного газа из России и Центральной Азии в данный регион, в случае успешной реализации всех проектов, может превысить 50 млрд м^3 в год. Наращивание поставок российского газа в Китай, а также в страны Южной Азии позволит нивелировать негативные последствия от деструкции европейского газового рынка.

Важным направлением энергетического сотрудничества государств-участников ШОС стала атомная энергетика. В целях развития сотрудничества в атомной энергетике Россией было предложено сформировать Международный центр по предоставлению услуг ядерного топливного цикла. Задачей данного центра является объединение и координация усилий стран в области развития атомной энергии, а также строительства и эксплуатации АЭС, развитие атомной энергетики на взаимовыгодных условиях, что нашло свое отражение в программах строительства АЭС в таких странах, как КНР, Индия, Иран, а также возможно Узбекистан и Казахстан.

ШОС и новый мировой порядок

Мы полагаем, что мощнейший энергетический потенциал и успешное развитие энергетического сотрудничества формирует основу для дальнейшего расширения организации путем вступления в ШОС новых членов, которые пока являются государствами-наблюдателями (например, Саудовская Аравия, ОАЭ, Катар). Принятие в ШОС столь значимых для мировой энергетики стран стало бы для международного объединения очередным закономерным шагом в развитии и окончательно закрепило бы за ШОС статус организации – лидера «мирового большинства», альтернативного агрессивной евро-атлантической цивилизации [2].

С точки зрения мировой истории и геополитики, события 2022 г. – это один из начальных этапов трансформации мировой экономической и политической системы, в которой государствам-участникам ШОС, представляющим большую часть населения мира и мировых природных богатств, будет предоставлена не роль колоний или экс-колоний, не роль стран «третьего мира», на протяжении более чем нескольких столетий подавляемых и разграбляемых «коллективным Западом», но роль суверенных, самодостаточных и равноправных участников мирового сообщества. А оно, в свою очередь, тоже станет более разнообразным, справедливым, политически, экономически и социокультурно плюралистичным.

Газовое месторождение Южный Парс в Иране

Источник: financialtribune.com

Тяньваньская АЭС, Китай

Источник: «Росатом»

Следует отметить еще один важный факт, сложившаяся обстановка на мировой арене, санкционное давление Запада на Россию, Китай и Иран ведет к повышению роли национальных валют в торговле между странами ШОС.

Рассматривая предпосылки подобного решения следует отметить желание государств ШОС снизить влияние доллара США и евро на национальные экономики. Связано это с тем, что абсолютно все страны объединения на примере санкционного давления на Россию сделали выводы относительно уязвимости экономик от доллара США.

Уже сегодня большая часть торговли энергоносителями ведется в национальных валютах. Для России данное решение является положительным, так как смягчает последствия санкционного давления западных стран. Очевидно, это позволяет в значительной степени ослабить гегемонию доллара США.

События 2022 г. уже фактически зафиксировали факт разрушения прежней системы институтов, таких как свобода торговли или уважение к праву частной собственности. Очевидно, что такие организации, как ВТО, Мировой банк и МВФ, а также ОБСЕ и ЕС снизили реальные возможности по воздействию на мировые процессы. Именно новые институты и организации, такие как ШОС, а также Евразийский экономический союз (ЕАЭС) и многие другие будут формировать новую архитектуру социально-экономического миропорядка.

Использованные источники

1. *Генеральный секретарь ШОС: «Премьер-министры государств-членов организации определили стратегию экономического и гуманитарного взаимодействия до 2035 г.» Владимир Норов подвел итоги заседания Совета глав правительств ШОС в Ташкенте. [Электронный ресурс]. – URL: http://rus.sectsco.org/news/20191102/591647.html (дата обращения: 12.11.2022).*
2. *Караганов С.А. От не-Запада к мировому большинству // Россия в глобальной политике. 2022. Т. 20. № 5. С. 6–18.*
3. *BP Statistical Review of World Energy 2022. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf (дата обращения 12.11.2022).*
4. *World Economic Outlook Database October 2022. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2022/October (дата обращения: 12.11.2022).*

УДК 620.9 DOI 10.46920/2409-5516_2023_2180_86 EDN: ERXQSV

Сахалинский эксперимент достижения углеродной нейтральности

Sakhalin experiment to achieve carbon neutrality

Роман СКОКОВ
Директор Волгоградского ЦНТИ – филиала ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, д. э. н., профессор кафедры менеджмента и логистики в АПК, Волгоградский государственный аграрный университет
e-mail: rskokov@mail.ru

Михаил ГУЗЕНКО
Первый заместитель директора ООО «Научно-производственное предприятие «СтанкоЭкоСтрой»
e-mail: minenergo@sakhalin.gov.ru

Roman SKOKOV
Director of the Volgograd Central Research Institute – Branch of the Federal State Budgetary Institution «REA» of the Ministry of Energy of Russia, Doctor of Economics, Professor of the Department of Management and Logistics in the Agro-Industrial Complex, Volgograd State Agrarian University
e-mail: rskokov@mail.ru

Mikhail GUZENKO
First Deputy Director of Scientific and Production Enterprise StankoEkoStroy LLC
e-mail: minenergo@sakhalin.gov.ru

Остров Сахалин *Источник: redtc / depositphotos.com*

Аннотация. Современный этап развития мировой энергетики характеризуется резким ростом влияния климатической повестки и не имеет исторических аналогов. В 2021–2022 гг. Россия активно создает и развивает национальную таксономию для реализации «зеленых» проектов. Наиболее масштабный эксперимент по ограничению выбросов парниковых газов с целью достижения углеродной нейтральности запущен в Сахалинской области. Комплекс мер по сокращению выбросов парниковых газов включает формирование углеродного рынка, газификацию, развитие генерации энергии на основе возобновляемых источников, рационализацию обращения отходов, ресурсосбережение и повышение энергетической эффективности, переход на низкоэмиссионный транспорт, развитие водородной энергетики, разработку технологий улавливания, хранения и использования углекислого газа, содействие устойчивому развитию населенных пунктов, устойчивое управление лесами и другими природными экосистемами. Сахалинский эксперимент позволит апробировать меры углеродного регулирования и оценить их эффективность для последующего масштабирования на уровне страны.
Ключевые слова: сахалинский эксперимент, углеродная нейтральность, выбросы, парниковые газы, углеродный рынок, возобновляемые источники энергии, устойчивое развитие, «зеленые» проекты, энергопереход.

Abstract. The current stage in the development of world energy is characterized by a sharp increase in the influence of the climatic agenda and has no historical analogues. In 2021–2022 Russia actively creates and develops national taxonomy for the implementation of «green» projects. The most large scale experiment to limit greenhouse gas emissions in order to achieve carbon neutrality in the Sakhalin region. A set of measures to reduce greenhouse gas emissions includes the formation of a carbon market, gasification, the development of energy generation based on renewable sources, rationalization of waste circulation, resource conservation and increasing energy efficiency, transition to low emission transport, development of hydrogen energy, development of gravity technologies, storage and use of carbon dioxide gas, promoting the sustainable development of settlements, sustainable forest management and other natural ecosystems. The Sakhalin experiment will test the measures of carbon regulation and evaluate their effectiveness for subsequent scaling at the country's level.
Keywords: sakhalin experiment, carbon neutrality, emissions, greenhouse gases, carbon market, renewable energy sources, sustainable development, green projects, energy transition.

Современный этап развития мировой и отечественной энергетики не имеет исторических аналогов и характеризуется ростом влияния климатической повестки, развитием процессов глобального энергоперехода и цифровизации, а также распространением их на все регионы мира.

Первое международное соглашение «Рамочная конвенция ООН об изменении климата», вступившее в силу 21 марта 1994 г., определяло основные направления деятельности без конкретных KPI, в соответствии с принципом общей, но дифференцированной ответственности с учётом исторического вклада стран в совокупную эмиссию парниковых газов, главным образом, стран промышленно развитых и с переходной экономикой.

Киотский протокол, принятый 11 декабря 1997 г., ставил конкретные цели – с 2008 по 2012 гг. эмиссию CO_2, метана и других промышленных газов снизить на 5,2 % по сравнению с уровнем 1990 г. Задача эта возлагалась на 191 государство-участник, включая Россию, на которые на тот момент приходилось 63,7 % общемировых выбросов. Группа индустриально развитых государств обязалась сократить выбросы на 6–8 %, за исключением России. Наша страна обязалась сохранить среднегодовые выбросы в 2008–2012 гг. на уровне 1990 г., поскольку из-за развала СССР промышленность была в упадке и эмиссия и без того падала. Для развивающихся стран Киотский протокол предусматривал возможность участия в процессе снижения

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №2(180) / 2023

выбросов через проекты, финансируемые развитыми государствами (механизм чистого развития).

Дохинская поправка, или Киото-2, принятая в декабре 2012 г. установила переходный период 2013–2020 гг., усилив количественные обязательства по сокращению выбросов для развитых стран: эмиссию предстояло уменьшить на 18 % к уровню 1990 г., при этом ЕС обязался сократить 20 %. Обязательства по Киото-2 взяли на себя 38 промышленно развитых государств, в том числе все страны Евросоюза, Норвегия, Швейцария, Украина, Белоруссия и Казахстан. На них приходилось лишь 15–17 % мировых выбросов, а основные эмитенты – в том числе Россия, США, Китай и Индия, чья доля переваливает за 50 %, участвовать отказались.

Парижское соглашение, вступившее в силу 4 ноября 2016 г., имело преимущество перед Киотским протоколом, принятым 11 декабря 1997 г., в том, что, будучи устроенным по принципу снизу вверх, переносило фокус усилий по сокращению выбросов на национальный или субнациональный уровень, где и осуществляются конкретные действия по экономическим и политическим мотивам. Основная цель соглашения – не дать глобальной среднегодовой температуре на Земле превысить 2° от доиндустриального уровня и «сделать всё возможное» для удержания потепления в рамках 1,5°. Подписантами Парижского соглашения стали 193 страны, в т. ч. Россия. Они взяли на себя обязательства разработать национальные стратегии перехода на низкоуглеродную экономику и наладить международный обмен «зелёными» технологиями.

Итогами 27 климатического саммита – COP27, проходившего 6–18 ноября 2022 г.

Сахалин является прототипом внутреннего углеродного рынка. Данный эксперимент позволит апробировать различные меры углеродного регулирования и оценить их эффективность в масштабах страны

Платформа Лунская-А
Источник: «Газпром»

в Египте, стали: планы по поэтапному отказу от субсидий на ископаемое топливо; призыв к международным банкам развития увеличивать финансирование в области борьбы с изменением климата в три раза к 2025 г., не усугубляя долговую нагрузку на национальные бюджеты; признание необходимости ускорения чистого и справедливого перехода на возобновляемые источники энергии; создание фонда для возмещения убытков и ущерба от последствий глобального потепления («климатических репараций») небогатым странам, наиболее пострадавшим от изменения климата. В саммите принимали участие около 200 государств. На отказе от всех углеводородов настаивали США и ЕС, а также Индия и другие развивающиеся страны, а против выступали Саудовская Аравия, Иран и Китай. Станет ли План реализации в Шарм-эль-Шейхе значимым покажет практика.

На наш взгляд, на современном этапе глобальные изменения на международном уровне находят заметное отражение на национальном, региональном и микроуровне, поэтому и дальнейшее сокращение выбросов парниковых газов будет достигаться индивидуальными усилиями государств, регионов, муниципалитетов, компаний.

В 2021 г. принят Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов», устанавливающий рамки углеродной отчетности для крупных предприятий (хозяйственная и иная деятельность которых сопровождается выбросами парниковых газов, масса которых эквивалентна 150 тыс. т CO_2 в год и более – с 2023 г. и 50 тыс. т CO_2 в год и более – с 2025 г.)[1].

В России «климатическая повестка в настоящий момент не является приоритетной, но остаётся актуальной, а план по энергопереходу в РФ выполняется по графику[2].», считает первый заместитель министра экономического развития России Илья Торосов. «В этом году приняли 13 подзаконных актов основного закона об ограничении выбросов парниковых газов. Запустили сахалинский проект, и там уже 8 подзаконных актов принято. Это более жёсткое регулирование выбросов. Уже с 2023 г. будем получать информацию по выбросам, как на Сахалине, так и по всей России»[3], – отметил он. По мнению экспертов, основными драйверами повестки устойчивого развития в России будут регионы[4].

[1] Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 02.07.2021 № 296-ФЗ // URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (дата обращения: 20.11.2022).

[2] МЭР: «План по энергопереходу выполняется по графику, климатическая повестка актуальна, но не приоритетна» // URL: https://peretok.ru/news/strategy/25471/ (дата обращения: 19.11.2022).

[3] Минэк продолжает работу над климатическим треком // URL: https://www.rbgmedia.ru/post.php?id=16513 (дата обращения: 19.11.2022).

[4] Российские регионы внедряют принципы устойчивого развития // URL: https://rg.ru/2022/10/18/moda-na-zelenyj.html (дата обращения: 19.11.2022).

ОБТК «Сахалин Энерджи»
Источник: «Газпром»

На Сахалине квоты на выбросы для каждого эмитента установят индивидуально – на основе отчетности, предоставляемой предприятиями. Квота будет постоянной на протяжении эксперимента

Президент России Владимир Путин подписал закон о проведении на Сахалине с 1 сентября 2022 г. по 31 декабря 2028 г. эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов[5]. Цель эксперимента – достижение до 31 декабря 2025 г. углеродной нейтральности на территории Сахалинской области. Для этого на уровне субъекта РФ проводится инвентаризация выбросов и поглощений парниковых газов, внедряется квотирование выбросов парниковых газов региональных регулируемых организаций, вводится более широкая (по сравнению с федеральным уровнем) обязательная углеродная отчетность. Одной из задач эксперимента является создание системы обращения углеродных единиц и единиц выполнения квот. Квоты будут устанавливаться на каждый год проведения эксперимента, начиная со следующего за первым годом представления углеродной отчетности. Для их выполнения регулируемые организации будут вправе использовать принадлежащие им углеродные единицы и единицы выполнения квоты. За превышение квоты будет браться плата, ставки которой установит правительство РФ, а за ее несвоевременное или неполное внесение – пеня в размере одной трехсотой ключевой ставки ЦБ, но не более 0,2 %, за каждый день просрочки.

В ходе эксперимента будут внедряться и отрабатываться методики и технологии, которые помогают не только сократить выбросы парниковых газов, но и повысить их поглощение, в том числе с помощью применения специальных экономических и финансовых стимулов.

[5] Федеральный закон от 06.03.2022 № 34-ФЗ «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации» // URL: http://www.consultant.ru/law/hotdocs/73853.html/ (дата обращения: 20.11.2022).

Побережье острова Сахалин

Источник: shap4 / depositphotos.com

Сахалин является прототипом внутреннего углеродного рынка, на котором обкатывается его работа в пределах одной области. Сахалинский эксперимент позволит апробировать различные меры углеродного регулирования и оценить их эффективность для последующего масштабирования на уровне страны. По такому же пути шел Китай – там эксперимент тоже начинался с отдельных провинций, а на национальном уровне углеродный рынок был запущен лишь в 2021 г. Штат США Калифорния показывает быстрые темпы декарбонизации благодаря отлаженной программе Cap and Trade. Ежегодно там устанавливается «потолок» выбросов парниковых газов – и с каждым годом он понижается. Затем на аукционе компании-эмитенты приобретают квоты – право на выбросы. Если кто-то хочет превысить свой лимит, он может купить неиспользованную квоту у другой компании. Из-за того, что цена на квоты растет, а потолок эмиссий с каждым годом ниже, у предприятий появляется стимул инвестировать в «зеленые» технологии.

На Сахалине квоты для каждого эмитента установят индивидуально – на основе отчетности, предоставляемой предприятиями, и целей региона по выходу на «ноль»[6].

Квота будет постоянной на протяжении эксперимента. С 2023 г. под систему квотирования попадают крупные сахалинские эмитенты, выбрасывающие более 50 тыс. т CO_2-экв. парниковых газов, а в 2025 г. эксперимент затронет и компании, эмиссии которых превышают 20 тыс. т.

Квоты промышленники первоначально рассчитают самостоятельно и направят предложения вместе с отчетностью по выбросам на проверку в областное Министерство экологии и устойчивого развития. Там пройдут общественные обсуждения с регулируемыми компаниями, после чего документы передадут на согласование в Минэкономразвития РФ, курирующее эксперимент. Затем актуализированные предложения по квотам вновь вернутся в регион – к губернатору, который может одобрить квоты или запустить процесс заново. Процесс обращения квот следующий. Например, предприятию устанавливают ежегодную квоту в 100 тыс. т CO_2-экв. парниковых газов. Компания может израсходовать лимит выбросов полностью – и в следующем году получить новую сотню. Или – перерасходовать квоту и выбросить 110 тыс. т за год. В таком случае за лишние выбросы компания выплатит штраф в региональный бюджет. Выделенные 100 тыс. т CO_2-экв. парниковых газов можно потратить частично. Например, за год компания выбросила 80 тыс. тонн. Оставшиеся 20 тыс. можно сохранить на будущий год и присовокупить к новой квоте, либо продать другим компаниям, которые перерасходовали собственную. Отличие этого подхода от калифорнийской системы состоит в том, что плата за выбросы происходит после совершения самих выбросов. Зарождающийся внутренний рынок позволит торговать не только остатками квот, но и углеродными единицами, выпущенными при реализации климатических проектов. Сахалинский эксперимент включает регулируемый и добровольный углеродный рынки.

Место проведения первого климатического эксперимента не случайно. Сахалин – единственный регион в России, который полностью расположен на островах. Всего область насчитывает 59 островов

Сахалин сочетает «зеленые» экосистемы и активную «черную» промышленность. Около 68% территорий занимают леса, способные связывать более 11 млн т CO_2-экв. парниковых газов ежегодно

Место проведения первого климатического эксперимента выбрали не случайно. Сахалинская область располагается на Дальнем Востоке Российской Федерации. Это единственный регион в России, который полностью расположен на островах. Всего область насчитывает 59 островов – остров Сахалин с прилегающими островами Монерон и Тюлений и 56 островов Курильской гряды.

По причине островного расположения особенностью энергетики Сахалинской об-

Южно-Сахалинск

Источник: danemo / depositphotos.com

[6] Сахалинский эксперимент: как создается первый в мире регион нулевых выбросов // URL: https://ecosphere.press/2022/10/31/sahalinskij-eksperiment-kak-sozdaetsya-pervyj-v-mire-region-nulevyh-vybrosov/ (дата обращения: 20.11.2022).

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №2(180) / 2023

ласти является изолированность от Единой энергосистемы России, а также разделенность на ряд не связанных друг с другом локальных энергорайонов и энергоузлов. По состоянию на 01.01.2021 г. 82 % электроэнергии в Сахалинской области вырабатывается на природном газе. Но многие котельные, предприятия и домохозяйства все еще пользуются углем. На нем работает и одна из главных тепловых электростанций области – ГРЭС-2, введенная в эксплуатацию в конце 2019 г. вопреки общемировому тренду на декарбонизацию.

Согласно инвентаризации выбросов парниковых газов, проведенной Институтом глобального климата и экологии

ТЭЦ, Южно-Сахалинск
Источник: ujnosahalinsk.bezformata.com / citysakh.ru

им. Ю. А. Израэля (ИГКЭ), в Сахалинской области разница между эмиссией и поглощением невелика и составляет 1 млн 265 тыс. т CO_2-экв. парниковых газов (12,3 млн т против 11,1 млн т).

Сахалин сочетает уникальные «зеленые» экосистемы и активную «черную» промышленность. Около 68 % территорий области занимают леса, способные связывать более 11 млн т CO_2-экв. парниковых газов ежегодно – это выхлопы около 2,4 млн автомобилей. При этом остров богат полезными ископаемыми: углем, нефтью, газом и металлами, добыча которых развивалась все последнее столетие. Почти 60 % ВРП Сахалина составляют добывающие отрасли, а три четверти от общего объема промышленного производства занимает нефтегазовый комплекс. На энергетический сектор также приходится 95 % выбросов.

За более чем 75 % региональных эмиссий ответственны 100 предприятий, четыре из которых имеют ежегодные выбросы свыше 1 млн т CO_2-экв.

Достижение углеродной нейтральности Сахалинской области в 2025 г. в значительной части будет обеспечено за счет реализации региональных программ экономического и технологического развития, имеющих «климатический» эффект, т. е. приводящие к снижению выбросов парниковых газов или увеличению их поглощения[7]. Квотирование выбросов на уровне предприятий – основных эмитентов в рамках эксперимента будет дополнять ожидаемое сокращение выбросов в рамках региональных программ.

Основными мероприятиями по сокращению выбросов парниковых газов являются:

1. Газификация. К началу 2021 г. Сахалинская область была газифицирована на 49 % – из 18 муниципальных образований острова газ подведен к четырем. Целями на 2025 г. являются: 100 % техническая газификация Сахалинской области; перевод 145 угольных котельных на газ, из них 25 – на СПГ и КПГ; газификация 37 237 домовладений и 157 предприятий, 66 коммунально-бытовых предприятий, подключенных к природному газу.

Меры государственной поддержки, осуществляемой через предоставление субсидий муниципальным образованиям на газоснабжение, включают:

- компенсационные выплаты гражданам, связанные с частичным возмещением расходов по выполненным и оплаченным гражданином в период 2008–2025 гг. работам по подготовке домовладений/квартир к приему газа (до 152 тыс. руб.);
- субсидии юридическим лицам – производителям работ по газификации жилых домов, заключившим в установленном порядке договоры с гражданами.

2. Возобновляемая энергетика. На основе возобновляемых источников энергии в Сахалинской области вырабатывается менее 1 % энергии, как и в целом по России. В Сахалинской области планируется

[7] Климатическая программа Сахалинской области на период до 2025 года // URL: https://ecology.sakhalin.gov.ru/fileadmin/user_upload/klimaticheskaja_programma_A4_final_4__5_.pdf (дата обращения: 20.22.2022).

Курильские острова
Источник: redtc / depositphotos.com

к 2026 г. довести долю ВИЭ в общем объеме выработки электроэнергии до 15 %

Наиболее востребовано и перспективно развитие возобновляемых источников энергии в энергоизолированных районах на Курильских островах. Основным видом топлива на электростанциях является привозное дизельное топливо. На объектах электроэнергетики Курильских островов в год сжигается 31 тыс. т дизельного топлива, стоимостью 2,2 млрд руб. Основное оборудование электростанций имеет значительный физический износ.

В целом с учетом стратегии по газификации региона и развития возобновляемых источников электроэнергии модернизация в сфере энергетики Курильских островов включает ввод в эксплуатацию 12 объектов:

- 5 газовых электрических станций, мощностью 67 МВт;
- 3 ветроэлектростанции, мощностью 13,5 МВт;
- 1 малую гидроэлектростанцию, мощностью 1,9 МВт;
- 3 газовых котельных, мощностью 26 Гкал/час.

Мероприятия планируются осуществлять в рамках ФЦП «Социально-экономическое развитие Курильских островов (Сахалинская область) на 2016–2025 гг.». Необходимый объем финансирования 21,5 млрд руб. Строительство и ввод в эксплуатацию объектов производства, хранения и регазификации сжиженного природного газа ПАО «Газпром» будет вести за собственные средства.

На островах Сахалинской области планируются следующие объекты:

1) о. Парамушир: строительство газовой электростанции мощностью 11 МВт, ветроэлектростанции мощностью 2,5 МВт, малой гидроэлектростанции – 1,9 МВт. Проект реализует – АО «РусатомОверсиз» (ГК «Росатом»);
2) о. Итуруп: строительство 2-х газовых электростанций общей мощностью 15 МВт (10 МВт, 5 МВт),

Целями на 2025 г. являются: перевод на газ 98,5 тыс. автомобилей; доведение числа машин на электрической тяге до 10 тыс. ед.; строительство 1000 зарядных станций для электромобилей

Исследование показало, что в 2020 г. почти два десятилетия усердий по сокращению выбросов парниковых газов в Калифорнии были нивелированы выбросом CO_2 от лесных пожаров в этом же штате

финансирование предполагается в рамках ФЦП «Курилы», срок реализации – 3 кв. 2024 г.; строительство геотермальной электростанции Океанская-2, мощностью 5 МВт (переговоры с инвестором АО «Институт «Оргэнергострой»).

В 2022 г. введена в эксплуатацию солнечная электростанция в с. Рейдово на о. Итуруп установленной мощностью 0,25 МВт. Инвестиционная программа энергоснабжающей организации (ООО «ДальЭнергоИнвест»). На возведение рейдовской солнечной электростанции ушло около 4 месяцев. Энергию вырабатывают 620 солнечных батарей. Энергообъект подключат к общей сети дизельных электростанций Рейдово напрямую, без накопителей. В результате, традиционная генерация после запуска новой станции станет работать меньше и экономить топливо, а в окружающую среду будет выбрасываться меньше вредных веществ. Станция позволит ежегодно экономить для местного бюджета около 15 млн руб. за счет сокращения закупок дизельного топлива.

Благодаря солнечной станции выпущены первые 96 углеродных единиц, которые зарегистрированы в национальном реестре[8]. По информации Газпромбанка, при поддержке которого с 1 сентября 2022 г. начал работать реестр углеродных единиц, компания «ДальЭнергоИнвест» верифицировала отчет о реализации проекта по использованию возобновляемых источников энергии на присоединенных объектах и в мини-сетях в Сахалинской области и до 2031 г. планирует выпустить 1832 углеродные единицы.

3) о. Кунашир: строительство газовой электростанции мощностью 16 МВт, финансирование предполагается в рамках ФЦП «Курилы»; строительство ветроэлектростанции для совместной параллельной работы с энергосистемой на о. Кунашир, мощностью 5 МВт;
4) о. Шикотан: строительство газовой электростанции мощностью 24 МВт, финансирование предполагается в рамках ФЦП «Курилы»; строительство ветроэлектростанции для совместной параллельной работы с энергосистемой на о. Шикотан, мощностью 10 МВт;
5) о. Сахалин: строительство ветропарка ООО «Восточная горнорудная компания» (ООО «ВГК») в Углегорском районе, мощностью 67 МВт. Реализуется за счет средств ООО «ВГК». Строительство ветропарков АО «НоваВинд» (Росатом) на о. Сахалин суммарной установленной мощностью до 200 мВт. Проект реализует – АО «НоваВинд».

[8] На Сахалине подтвердили первую сделку по продаже углеродных единиц // URL: https://rg.ru/2022/09/28/reg-dfo/na-sahaline-podtverdili-pervuiu-sdelku-po-prodazhe-uglerodnyh-edinic.html (дата обращения: 20.11.2022).

Южно-Сахалинск

Источник: novyefoto.ru

В сентябре 2022 г. Сахалинское правительство совместно с ООО «Хевел Энергосервис» подписали соглашение о сотрудничестве в сфере создания и развития солнечной энергетики на территории Сахалинской области. Соглашение предусматривает взаимное сотрудничество по вопросу развития автономных гибридных энергетических установок с использованием ВИЭ в регионе.

3. Рациональное обращение с отходами. Предотвращение выбросов метана – парникового газа, потенциал глобального потепления которого в 25 раз выше углекислого газа, является важным элементом Климатической программы Сахалинской области.

Целями на 2025 г. являются: реализация проектов по сокращению выбросов метана в секторе «Отходы»; раздельный сбор отходов, запуск инфраструктуры по вторичной переработке отходов; доля ТКО, охваченных программой раздельного сбора отходов – 60 %; число ликвидированных/ законсервированных свалок – 17.

Мероприятия реализуются в рамках федерального проекта «Формирование комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами», входящего в нацпроект «Экология», Государственной программы Сахалинской области «Обеспечение населения Сахалинской области качественными услугами жилищно-коммунального хозяйства» и регионального проекта «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами (Сахалинская область)».

4. Энергосбережение. Целями на 2025 г. являются: доля потерь тепловой энергии при ее передаче в общем объеме переданной тепловой энергии – 17,51 %; утверждение ежегодно не менее 90 программ в год в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организациями, осуществляющими регулируемые виды деятельности, в сферах электроэнергетики, теплоснабжения, водоснабжения, водоотведения, обращения с твердыми коммунальными отходами, транспорта.

ТЭЦ, Южно-Сахалинск
Источник: sakhalinenergo.ru

С 2020 г. в число требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, включен показатель «Снижение объема выбросов парниковых газов при производстве единицы товара (услуги)».

Энергоэффективность в системах уличного освещения обеспечивает снижение потребления электроэнергии[9]. Например, в Анивском городском округе, где 55 % ртутных ламп, 23 % светодиодных ламп

[9] Скоков Р. Ю. Экодизайн энергопотребляющих товаров: состояние и перспективы / Р. Ю. Скоков. – Текст: непосредственный // Новое индустриальное общество второго поколения (НИО.2): проблемы, факторы и перспективы развития в современной геоэкономической реальности (СПЭК-2022) / Под общ. ред. С. Д. Бодрунова. – М., 2022. С. 414–421.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА №2(180) / 2023

от общего количества светоточек на дорогах округа – годовой объем потребления электрической энергии 1,52 млн кВт·ч. За счёт установки светодиодных ламп энергопотребление снижается более чем в 10 раз. Объем экономии от внедрения энергоэффективных технологий от 10 млн руб. в год. Другим преимуществом применения светодиодных ламп является отсутствие необходимости утилизировать отработанные ртутные лампы, что снизит воздействие на экологию и уменьшит затраты на обслуживание.

«Сахалинский эксперимент» стартовал реализацией мероприятий по сокращению выбросов CO2: формирование углеродного рынка; перевод на газ предприятий и котельных, использующих уголь

5. Низкоэмиссионный транспорт. В Сахалинской области треть выбросов парниковых газов в транспортном секторе приходится на автомобильный транспорт. На смену автотранспорту с дизельными и бензиновыми двигателями приходят электротранспорт и транспорт на газомоторном и водородном топливе. Правительство Сахалинской области ставит задачу довести до 50 % долю газомоторных и электрических транспортных средств в общей доле транспорта в 2025 г.

Целями на 2025 г. являются: перевод на природный газ 98,5 тыс. ед. автотранспортной техники; доведение числа транспортных средств на электрической тяге до 10 тыс. ед.; строительство 1000 зарядных станций для электромобилей.

Правительством Сахалинской области обеспечены стимулирующие меры в части развития низкоэмиссионного транспорта:

- субсидии муниципальным образованиям на мероприятия по переоборудованию автотранспорта муниципальных учреждений и предприятий на газомоторное топливо;
- строительство газозаправочной инфраструктуры в южной части о. Сахалин (взнос в уставный капитал АО «Сахалинская нефтяная компания»);
- субсидии муниципальным образованиям на подготовку площадок под размещение передвижных автомобильных газовых заправщиков (ПАГЗ);
- субсидии муниципальным образованиям на приобретение ПАГЗ и полуприцепов цистерн (контейнеров-цистерн) СПГ для обеспечения топливом объектов жилищно-коммунального хозяйства и автотранспорта;
- субсидии юридическим лицам на возмещение затрат на объекты заправки (приобретение ПАГЗ до 26 млн руб., строительство заправочной станции АГНКС до 36 млн руб.);
- предоставление субсидий муниципальным образованиям на мероприятия по поддержке населения при переоборудовании автотранспорта на газомоторное топливо;
- субсидии на возмещение затрат по переоборудованию на газомоторное топливо автотранспорта предприятий в размере 70 % (до 150 тыс. руб. на одно автотранспортное средство и не более 1,5 млн рублей на одну организацию);
- субсидии на приобретение специализированного оборудования для сервисных автоцентров по переоборудованию автомобилей на газомоторное топливо (до 1 млн руб.);
- льгота по транспортному налогу для всех видов автотранспорта, использующих природный газ в качестве моторного топлива, в размере 50 %;
- компенсация затрат граждан на переоборудование автотранспорта на газомоторное топливо в размере 100 % (до 150 тыс. рублей);
- компенсация затрат сельскохозяйственным предприятиям и предприятиям пищевой промышленности на приобретение новой газомоторной техники и переоборудование действующего автотранспорта в размере 70–90 %;
- перевод имеющейся техники в бюджетной сфере на газ и закупка новой только на газе.

Курилы
Источник: YAYImages / depositphotos.com

Автобусный парк, Южно-Сахалинск
Источник: yuzhno-sakh.ru

Благодаря системным мерам государственной поддержки островной регион вышел на 7 место в РФ по доле газомоторных машин от общего числа автомобилей.

В 2021 г. в Сахалинской области было 40 электрозаправок. По состоянию на 06.09.2022 г. было введено в эксплуатацию уже 156 зарядных станций, из них 12 «быстрых» зарядных станций. До конца 2022 г. введено уже 500 зарядных станций, в т. ч. 35 «быстрых» зарядных станции за счет федеральной субсидии.

Правительством Сахалинской области введены мероприятия, стимулирующие развитие электротранспорта:

- обнулен налог на транспорт для собственников электротранспорта до 31 декабря 2025 г.;
- только в Сахалинской области снижен тариф на электроэнергию на 30 % для юридических лиц, осуществляющих деятельность по зарядке электромобилей, что в конечном итоге влияет на стоимость зарядки электромобилей;
- внесены изменения в региональные нормативы градостроительного проектирования, предписывающие предусматривать устройства зарядной сервисной инфраструктуры для электротранспорта в населенных пунктах и дорогах регионального значения;
- индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам возмещается половина затрат на приобретение, установку и технологическое присоединение электрозарядных станций (выдаваемой мощностью не менее 11 кВт на зарядный порт);
- организуются специальные парковочные места для электромобилей возле зарядных станций;
- организовано проведение ежегодного Форума экологичного транспорта.

В 2023 г. в Южно-Сахалинске планируется строительство нового парка электробусов. Рассматривается проект «РусГидро» по созданию электрокаршеринга с парком электромобилей 40 единиц

По состоянию на 01.09.2022 г. на территории Сахалинской области зарегистрировано 309 ед. электротранспорта (10 место среди всех регионов России).

Существуют проекты по развитию экологически чистого общественного транспорта. Планируется установить 20 ультрабыстрых зарядных станций мощ-

ностью 300 кВт, вывести на маршрут 5 ед. электробусов в 2022 г. В 2023 г. в Южно-Сахалинске планируется строительство нового автобусного парка и запуск на маршрут еще 100 ед. электробусов. Рассматривается проект ПАО «РусГидро» по созданию электрокаршеринга с парком электромобилей 40 ед.

6. Развитие водородной энергетики. К онкурентными преимуществами России являются: наличие резервов производственных мощностей; географическая близость к потенциальным рынкам сбыта; наличие действующей инфраструктуры транспортировки; отечественные разработки технологий производства, транспортировки и хранения водорода, соответствующие мировому уровню.

В 2021 г. Правительством Сахалинской области подписано соглашение с ГК «Росатом» о создании Сахалинского водородного кластера, включающего экспортное производство, водородный парк с пилотными применениями водородных технологий в разных секторах экономики области и центр компетенций на базе Сахалинского государственного университета. Крупнотоннажное производство в Сахалинской области водорода будет первым в России. «Сахалинская область находится возле потенциальных потребителей: Япония, Южная Корея, Китай. Выгодное географическое положение и богатая ресурсная база Сахалинской области в совокупности с передовыми технологиями инвесторов позволят выйти на новый рынок топлива для осуществления глобального энергоперехода» [10].

На объектах электроэнергетики Курильских островов в год сжигается 31 тыс. т дизеля, стоимостью 2,2 млрд руб. Основное оборудование электростанций имеет значительный физический износ

[10] Гузенко М. Сахалин представил доклад по водородному кластеру на международном форуме «Возобновляемая энергетика для развития регионов» // URL: https://minenergo.sakhalin.gov.ru/press/post/479/ (дата обращения: 26.11.2022).

Южно-Сахалинск
Источник: foto-ram.ru

7. Внедрение технологий улавливания, хранения и использования углекислого газа (CCUS). Цель на 2025 г. – подготовить к реализации в 2024–2025 гг. пилотный проект по улавливанию, хранению и использованию углекислого газа.

Необходимо изучать возможности по закачке углекислого газа в геологические формации, например, в выработанные нефтяные и газовые залежи, применения уловленного углерода в строительстве, например, в качестве добавок при производстве цемента.

8. Устойчивые города. Цели на 2025 г. включают: выполнение муниципальными образованиями программ по энергоэффективности, ресурсосбережению, газификации и др.; начало строительства г. Экополиса.

9. Устойчивое управление лесами и другими природными экосистемами. Целями на 2025 г. являются: обеспечение ежегодного поглощения парниковых газов в лесном секторе Сахалинской области на уровне не менее 11 300 тыс. т CO_2 – экв. (в 2019 г. – 11 068 тыс. т CO_2 – экв.); долю лесных пожаров, ликвидированных в течение первых суток с момента обнаружения, в общем количестве лесных пожаров – 76,7 %; ежегодное проведение лесопатологических обследований на площади 21,5 тыс. га; увеличение площади лесовосстановления в период с 2020 по 2025 гг. – на 18,1 тыс. га.

Исследование из университета Чикаго, показало, что в 2020 г. почти два десятилетия усердий по сокращению выбросов парниковых газов в Калифорнии были нивелированы выбросом CO_2 от лесных пожаров в том же штате [11]. И это при том, что Калифорния является самой активной территорией в плане зелёных инициативе в мире. Однако природное явление спровоцировало больший объём выбросов, чем человеку удалось «сэкономить» с 2003 г. Лесные пожары 2020 г. являются вторым по важности источником выбросом CO_2 в штате после промышленности или производства электроэнергии.

Многие проекты движения к углеродной нейтральности в Сахалинской области реализуются по модели государственно-частного партнерства с ПАО «РусГидро». Правительством Сахалинской области совместно с «РусГидро» разработана и утверждена Программа обеспечения устойчивой работы электросетевого комплекса Сахалинской области (ПОУРЭК). Перечень мероприятий программы согласован Министерством энергетики Российской Федерации. Реализация программы запланирована на период 2019–2032 гг. Объем финансирования составляет 34,7 млрд руб. в отношении 54 объектов.

Таким образом, «сахалинский эксперимент» углеродного регулирования стартовал реализацией комплекса мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов: формирование углеродного рынка; перевод на природный газ домовладений, предприятий, котельных, использующих для получения энергии уголь, мазут; развитие генерации энергии на основе возобновляемых источников; рационализация обращения отходов; ресурсосбережение и повышение энергетической эффективности; переход на низкоэмиссионный транспорт; развитие водородной энергетики; разработка и внедрение технологий улавливания, хранения и использования углекислого газа; содействие устойчивому развитию населенных пунктов; устойчивое управление лесами и другими природными экосистемами. Присоединиться к реализации проекта углеродного регулирования готовы власти Башкирии, Хабаровского края, Иркутской и Калининградской областей.

[11] Jerrett, M., Jina, A.S., Marlier, M. E. Up in smoke: California's greenhouse gas reductions could be wiped out by 2020 wildfires / M. Jerrett, A. S. Jina, M. E. Marlier // URL: http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Использованные источники

1. *Гузенко М. Сахалин представил доклад по водородному кластеру на международном форуме «Возобновляемая энергетика для развития регионов» // URL: https://minenergo.sakhalin.gov.ru/press/post/479/ (дата обращения: 26.11.2022).*
2. *Климатическая программа Сахалинской области на период до 2025 года // URL: https://ecology.sakhalin.gov.ru/fileadmin/user_upload/klimaticheskaja_programma_A4_final_4__5_.pdf (дата обращения: 20.22.2022).*
3. *Кулапин А. Энергетический переход: Россия в глобальной повестке // Энергетическая политика. № 7(161), 2021. С. 10–15.*
4. *Минэк продолжает работу над климатическим треком // URL: https://www.rbgmedia.ru/post.php?id=16513 (дата обращения: 19.11.2022).*
5. *МЭР: «План по энергопереходу выполняется по графику, климатическая повестка актуальна, но не приоритетна» // URL: https://peretok.ru/news/strategy/25471/ (дата обращения: 19.11.2022).*
6. *На Сахалине подтвердили первую сделку по продаже углеродных единиц // URL: https://rg.ru/2022/09/28/reg-dfo/na-sahaline-podtverdili-pervuiu-sdelku-po-prodazhe-uglerodnyh-edinic.html (дата обращения: 20.11.2022).*
7. *Российские регионы внедряют принципы устойчивого развития // URL: https://rg.ru/2022/10/18/moda-na-zelenyj.html (дата обращения: 19.11.2022).*
8. *Сахалинский эксперимент: как создается первый в мире регион нулевых выбросов // URL: https://ecosphere.press/2022/10/31/sahalinskij-eksperiment-kak-sozdaetsya-pervyj-v-mire-region-nulevyh-vybrosov/ (дата обращения: 20.11.2022).*
9. *Скоков Р. Ю. Экодизайн энергопотребляющих товаров: состояние и перспективы // Новое индустриальное общество второго поколения (НИО.2): проблемы, факторы и перспективы развития в современной геоэкономической реальности (СПЭК-2022) / Под общ. ред. С. Д. Бодрунова. – М., 2022. С. 414–421.*
10. *Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 02.07.2021 № 296-ФЗ // URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (дата обращения: 20.11.2022).*
11. *Федеральный закон от 06.03.2022 № 34-ФЗ «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации» // URL: http://www.consultant.ru/law/hotdocs/73853.html/ (дата обращения: 20.11.2022).*
12. *Jerrett, M., Jina, A.S., Marlier, M. E. Up in smoke: California's greenhouse gas reductions could be wiped out by 2020 wildfires / M. Jerrett, A. S. Jina, M. E. Marlier // URL: http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Оформить подписку на журнал «Энергетическая политика» на 2023 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

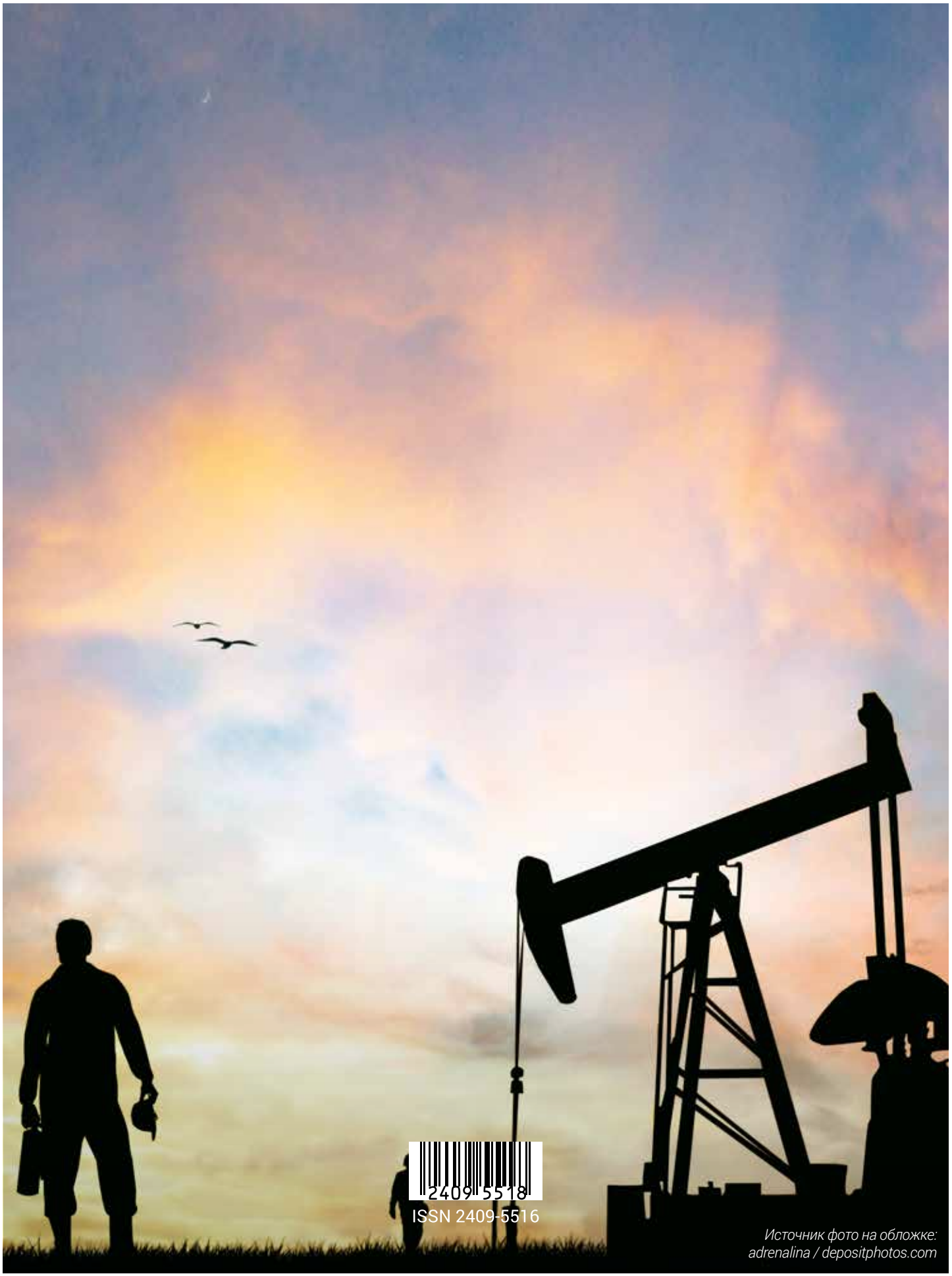
ГАЗПРОМ НЕФТЬ | СТРЕМИМСЯ К БОЛЬШЕМУ!

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЗАРУБЕЖНЕФТЬ

РОССЕТИ

ГАЗПРОМБАНК

БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД TATNEFT



ISSN 2409-5516

Источник фото на обложке:
adrenalina / depositphotos.com