

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№9(163), сентябрь 2021



Тема номера

**АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА КАК ОСНОВА
ПРОДВИЖЕНИЯ «ЗЕЛеноЙ» ЭНЕРГЕТИКИ**



«Россети» —
вместе
в будущее

14-16 сентября 2021 — oilgasforum.ru

Здесь встречи ведут к результату

TNF 2021 —
главное событие отрасли,
объединяющее предпринимателей
и корпорации для эффективного
нетворкинга и формирующее
тренды энергетики.

Тюменский нефтегазовый форум 2021 — это:

- Актуальная деловая программа
- Технологические дни и Дни поставщика
- Биржа деловых контактов B2B
- Выставка инноваций ТЭК
- Культурная программа

Организаторы форума:



Стратегический партнер:



Генеральные партнеры:



Официальные партнеры:



Индустриальный партнер:



Партнер спортивной и социально-культурной программы:



+7 499 938 55 42

welcome@oilgasforum.ru

Содержание

5 Слово редакторов

От первого лица

6 **А. Новак.** Развитие атомной энергетики – необходимое условие глобальной климатической повестки

Атом

12 **В. Першуков, В. Артисюк, А. Каширский.** Путь к «зеленой» энергетике для ядерных энерготехнологий

Регионы

24 **А. Белогорьев.** Энергетическая политика Японии: между инерцией и прорывом

42 **Е. Телегина, Г. Халова.** Энергетическая политика Турции на современном этапе

50 **А. Толстиков.** Декарбонизация по-сибирски

Энергопереход

56 **М. Канищев.** Система контроля выбросов CO₂ как национальная идея

Цифра

74 **М. Тягунов.** Цифровая трансформация и энергетика

86 **В. Мартынов, Н. Зорченко, Д. Панфилов.** «Умные электростанции» – цифровое будущее энергетики



Contents

5 Word from the editors

In the first person

6 **A. Novak.** Nuclear energy development is a prerequisite for the global climate agenda

Nuclear industry

12 **V. Pershukov, V. Artisuk, A. Kashirsky.** The path to green energy for nuclear power technology

Regions

24 **A. Belogoryev.** Japan's Energy Policy: Between Inertia and Breakthrough

42 **E. Telegina, G. Khalova.** Turkey's energy policy at the present stage

50 **A. Tolstikov.** Siberian decarbonization

Energy transition

56 **M. Kanishchev.** CO₂ emission control system as a national idea

Digitization

74 **M. Tyagunov.** Digital transformation and energy

86 **V. Martinov, N. Zorchenko, D. Panfilov.** «Smart Power Plant» – the digital future of energy

УЧРЕДИТЕЛИ

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

ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики Российской Федерации, 129085, г. Москва, проспект Мира, д.105, стр. 1

ИЗДАТЕЛЬ

Федеральное государственное учреждение «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики Российской Федерации, 129085, г. Москва, проспект Мира, д. 105, стр. 1

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

В.В. Бушуев – акад. РАЕН и РИЗ, д. т. н., председатель совета, ген. директор ИЭС
А.М. Мастепанов – акад. РАЕН, д. э. н., руководитель Центра энергетической политики ИПНГ РАН
Д.А. Соловьев – к. ф.-м. н., ответственный секретарь совета
А.Н. Дмитриевский – акад. РАН, д. г.-м. н., научный руководитель ИПНГ РАН
Н.И. Воропай – член-корр. РАН, д. т. н., научный руководитель ИСЭМ СО РАН
А.И. Кулапин – д. х. н., ген. директор РЭА Минэнерго России

В.А. Крюков – акад. РАН, д. э. н., директор ИЗОПП СО РАН
Е.А. Телегина – член-корр. РАН, д. э. н., декан факультета РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина
А.И. Громов – к. г. н., директор по энергетическому направлению ФИЗФ
С.П. Филиппов – акад. РАН, д. э. н., директор ИНЭИ РАН
А.Б. Яновский – д. э. н., к. т. н.
П.Ю. Сорокин – заместитель министра энергетики России
О.В. Жданев – к. ф.-м. н., руководитель дирекции технологий ТЭК ФГБУ «РЭА»

Главный редактор
Анна Горшкова

Научный редактор
Виталий Бушуев

Обозреватель
Арсений Погосян

Корректор
Роман Павловский

Фотограф
Иван Федоренко

Дизайн и верстка
Роман Павловский

Адрес редакции:
129085, г. Москва, проспект Мира, д.105, стр. 1
+79104635357
GorshkovaAA@minenergo.gov.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 «ПБ «Модуль», 115162, Москва, Мытная улица, дом 48, цоколь пом. 2, ком. 1,3

Подписано в печать: 05.09.2021
Время подписания в печать по графику: 13:00
фактическое: 13:00

16+



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



Анна ГОРШКОВА
Главный редактор журнала
«Энергетическая политика»

Атомная промышленность в ожидании новой волны

Атомная энергетика на фоне мирового движения к безуглеродной экономике имеет все шансы пережить второй ренессанс. Она обладает существенными преимуществами перед энергетикой на ВИЭ, такими как компактность, экономичность и стабильность выработки энергоресурсов. При этом современные цифровые технологии позволяют сделать ядерную промышленность безопасной. С учетом того, что строительство более 70 % новых атомных реакторов в мире на сегодняшний день ведется «Росатомом», у России есть реальные шансы стать лидером «зеленой» энергетики. Именно этому и посвящен сентябрьский номер журнала «Энергетическая политика».

Одновременно в номере рассматривается тема формирования новой энергетической политики Японии, сильно изменившейся после аварии на АЭС «Фукусима» в 2011 году. В течение десяти лет после катастрофы правительство Японии медленно, но планомерно проводило перезапуск имеющихся энергоблоков уже на основе новых более безопасных цифровых методов работы.

Впрочем, сейчас цифровые технологии являются не только гарантом надежности работы энергетических систем, включая атомные станции, но и сами становятся серьезными потребителями электроэнергии. Такой дуализм приводит к настоящей трансформации энергетической отрасли. Эта тема также нашла отражение на страницах нового номера.



Александр НОВАК

Заместитель председателя Правительства РФ

DOI 10.46920/2409-5516_2021_9163_6

Развитие атомной энергетики – необходимое условие глобальной климатической повестки

Активное становление атомной энергетики пришлось на середину прошлого века. Она создавалась, чтобы обеспечить население планеты доступным неиссякаемым источником энергии. Сегодня атомная генерация находится на пороге нового этапа развития, но теперь ее задача – быть не только надёжным и экономичным, но и экологичным энергоресурсом. Российская атомная промышленность имеет значительный потенциал для решения этой стратегической задачи.



Краткая история мирного атома

Первые цепные реакции ядерного распада производились еще в 1940-х годах, а первая электроэнергия была получена в 1951 году. В 1954 году в СССР была запущена первая в мире атомная электростанция – Обнинская АЭС. В 1955 году в Швейцарии состоялась первая Международная научно-техническая конференция по мирному использованию атомной энергии, где ядерная энергетика была официально признана новым направлением в отрасли.

Активное развитие атомной генерации пришлось на 1970-е годы. В этот период мировое потребление электроэнергии начало бурно расти и существующие гидроэнергетические ресурсы большинства развитых стран уже не могли удовлетворить спрос. В результате начали резко расти цены на основные виды топлива.

Во второй половине прошлого века СССР активно наращивал компетенции в атомной энергетике. В 1964 году в стране запустили первый водо-водяной реактор ВВЭР-210 на Нововоронежской АЭС. В 1973 году был введен в эксплуатацию первый в мире энергетический реактор на быстрых нейтронах БН-350, а в 1974 году – первый реактор РБМК на Ленинградской атомной станции. Также советские специалисты построили более 30 энергоблоков за рубежом – в Чехословакии, Венгрии, Болгарии, ГДР, Финляндии.

После периода замедления темпов развития отрасли в 1980–1990 годы, связанного с авариями на американской АЭС Три-Майл-Айленд и советской Чернобыльской АЭС, а также периода «перезагрузки» мировой атомной отрасли в результате аварии 2011 года на японской АЭС «Фукусима-1» – в последнее десятилетие мы видим значительный рост интереса к атомной энергетике, в том числе со стороны

развивающихся стран. По данным аналитической системы PRIS (МАГАТЭ), сегодня в мире насчитывается 443 действующих ядерных энергетических реактора в 34 странах мира, еще 52 реактора находятся в процессе строительства. Порядка 70 % мировой атомной генерации приходится на пять государств – Россию, США, Францию, Китай, и Южную Корею. Такие страны, как Турция, Белоруссия, Бангладеш, Египет и ряд других, в недавнем прошлом приняли решение о строительстве первых АЭС на своей территории и уже сегодня на практике реализуют эти планы.

Текущее состояние и перспективы российской атомной энергетики

Сегодня Госкорпорация «Росатом» – одна из крупнейших генерирующих компаний России. Доля АЭС в выработке

В мире насчитывается 443 действующих атомных реактора в 34 странах мира, еще 52 реактора строятся. Порядка 70 % АЭС приходится на пять государств – РФ, США, Францию, Китай, и Южную Корею

«Росатом» подписал контракты на строительство 35 атомных энергоблоков в 12 странах. В стадии реализации находятся 24 блока в 9 странах – это свыше 70% мирового рынка строительства АЭС

электроэнергии в России превышает 20 %, а в европейской части страны достигает 40 %. Всего в 2020 году было выработано 216 млрд кВт·ч, что является абсолютным максимумом за всю историю существования отечественной атомной энергетики. Достиженные показатели превзошли рекорд 1988 года, установленный совместно всеми АЭС Советского Союза.

Наша страна является признанным лидером по количеству иностранных заказов: в настоящее время подписаны контракты на строительство за рубежом 35 атомных энергоблоков в 12 странах. В стадии реализации находятся 24 блока в 9 странах – это свыше 70 % мирового рынка строительства АЭС.

Будущее российской и мировой атомной промышленности связано с такими направлениями, как развитие двухкомпонентной ядерной энергетики с замыканием топливного цикла, развитие водородной энергетики и массовое коммерческое производство атомных станций малой мощности (АСММ) для энергоснабжения удаленных регионов. Отмечу, что единственная в мире действующая АСММ – плавучий энергоблок «Академик Ломоносов» – уже работает в России с 2019 года и обеспечивает электроэнергией предприятия и жителей Чукотки.

В начале июня 2021 года в Томской области стартовало строительство инновационного реактора «БРЕСТ» – российский проект «Прорыв» по замыканию ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) перешел из теоретической в практическую фазу реализации. С этим достижением российских атомщиков поздравили многие международные эксперты и ученые, а некоторые из них назвали это событие историческим для мировой энергетики. Все дело в том, что

технология ЗЯТЦ позволит повторно использовать уже отработавшее в реакторах АЭС топливо бесконечное количество раз (причем каждый последующий цикл в реакторе будет производиться больше топлива, чем было загружено). Это делает ресурсную базу для развития атомной энергетики практически безграничной и решит проблему накопления и дорогостоящего хранения отработавшего ядерного топлива. Как результат, сама технология замкнутого цикла сможет экономически конкурировать с самыми передовыми видами генерации. Важно и то, что конструкция реактора «БРЕСТ» исключает даже гипотетические аварии на АЭС. Таким образом, проект «Прорыв» нацелен на создание источника чистой, безопасной и практически неисчерпаемой энергии, что обеспечит России лидерство в мировой атомной энергетике на десятилетия вперед.

Вклад атомной энергетики в борьбу с изменениями климата

Развитие атомной энергетики приобретает особое значение в контексте реализации Парижского соглашения, которое ставит цель сокращения выбросов в атмосферу. Многие страны, включая страны ЕС, США, Китай и Японию, принимают различные стратегии по достижению углеродной нейтральности на горизонте 2030–2060 го-

Стройплощадка БРЕСТ-ОД-300
Источник: *energotek.ru*



Реактор «Брест» проекта «Прорыв»
Источник: *okworldnews.com*

дов. В этой связи важно помнить, что атомная энергетика является низкоуглеродным источником генерации, прямые выбросы CO₂ от АЭС практически равны нулю.

По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), выбросы парниковых газов от атомной энергетики на всем жизненном цикле равны 12 тоннам CO₂-эквивалента на ГВт·ч. Для сравнения: ветроэлектростанции – 11 т CO₂-эквивалента на ГВт·ч, гидроэлектростанции – 24 т CO₂-эквивалента на ГВт·ч, солнечные установки – 48 т CO₂-эквивалента на ГВт·ч, газ – 490 т CO₂-эквивалента на ГВт·ч, уголь – 820 т CO₂-эквивалента на ГВт·ч. АЭС в России обеспечивают недопущение выбросов более 100 млн тонн CO₂-эквивалента ежегодно, что составляет порядка 7 % от всех выбросов парниковых газов в стране. Если же оценивать планетарные масштабы, то работа всех АЭС в мире дает экономию выбросов парниковых газов на уровне 2 млрд тонн CO₂-эквивалента в год, что соразмерно поглощающей способности всего лесного массива планеты.

Соответствие требованиям устойчивого развития означает не только минимальный уровень выбросов парниковых

газов, но также и отсутствие риска отрицательного воздействия на окружающую среду и здоровье человека. При безусловно низком уровне углеродного следа до последнего времени на уровне официальных международных органов оставался нерешенным вопрос относительно второй части требований. Сложность этого вопроса была связана не столько с отсутствием необходимой фактологии, сколько с отдельными политическими и экономическими аспектами.

В апреле 2021 года вышло исследование Объединенного исследовательского центра (Joint research center) при Еврокомиссии, в котором приведены детальные критерии и выкладки по сравнению атомной энергетики с другими видами генерации по таким параметрам как материалоемкость, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, влияние на здоровье и продолжительность жизни человека. Ключевой вывод исследования – атомная энергетика по уровню воздействия на окружающую среду сопоставима с другими традиционно «зелеными» видами электроэнергии.

При этом исследование показывает, что атомная энергетика имеет самую низкую материалоемкость по сравнению с другими низкоуглеродными видами генерации. Например, металлоёмкость для производства 1 МВт·ч электроэнергии на АЭС в 13 раз меньше, чем у ветрогенерации. Также важно, что для АЭС требуется сравнительно небольшая площадь: например, для установки ветропарка мощностью 1 ГВт необходимо 950 га земли, а для АЭС аналогичной мощности – 28 га. При этом АЭС обеспечивают стабильную базовую нагрузку сетей, которая не зависит от погодных условий, 24 часа в сутки 7 дней в не-

АЭС в России обеспечивают недопущение выбросов более 100 млн тонн CO₂ ежегодно или порядка 7% от всех выбросов парниковых газов в стране. В мире АЭС предотвращают 2 млрд т выбросов CO₂



Франция – один из лидеров атомной промышленности в мире

Источник: russianwiki.com

делю на протяжении минимум 60 лет. Это единственный источник электроэнергии, который обладает совокупностью таких характеристик.

В этой связи удивляет позиция ЕС, где с 2018 года в рамках разработки европейской климатической стратегии «зеленая сделка» продолжается дискуссия о месте атомной энергетики в низкоуглеродном будущем. В марте 2021 года главы 7 стран ЕС (Франция, Польша, Венгрия, Румыния, Чехия, Словакия и Словения) письменно обратились в Европейскую комиссию с заявлением о том, что атомная энергетика вносит незаменимый вклад в борьбу с изменениями климата, поэтому данный источник генерации должен входить в перечень одобренных мер для достижения углеродной нейтральности. Однако до сих пор, несмотря на все отчеты и рекоменда-

ции экспертов, вопрос признания статуса атомной энергетики в числе «устойчивых» источников чистой генерации не решен.

Россия в этой части придерживается однозначной позиции о перспективности АЭС для обеспечения низкоуглеродного развития экономики. В настоящее время ВЭБ.РФ при участии профильных ведомств и заинтересованного бизнеса подготовлена редакция таксономии «зеленых» проектов, которая фиксирует параметры «зеленой» квалификации различных видов деятельности. Атомная энергетика отнесена к «зеленым» видам. Также низкоуглеродный «зеленый» характер этого вида электроэнергии фиксируют и другие программные документы федерального уровня, которые в настоящее время проходят процесс официального нормативного закрепления и будут приняты до конца этого года.

Отмечу, что признание атомной энергетики в составе низкоуглеродных «зеленых» и устойчивых видов генерации на уровне законодательства и нормативных актов стран – это важнейший этап в борьбе с изменениями климата и в реализации климатических обязательств. При этом зачастую за отказом стран от использования мирного атома следуют явно негативные экономические и социальные последствия. Например, Германия, которая не использует атомную энергетику с 2011 года, сегодня имеет один из самых высоких тарифов на электроэнергию в Европе (30,5 евроцента/кВт·ч или порядка 26,8 рублей/

Доля АЭС в выработке электроэнергии в России превышает 20 %. Всего в 2020 году было произведено 216 млрд кВт·ч, что является абсолютным максимумом за всю историю атомной энергетики

кВт·ч) из-за повышения цен на 25 % в 2010–2013 годах. По данным Международного энергетического агентства, полный отказ от атомной энергетики и замещение ее ВИЭ в Европе будет на 500 млрд долларов дороже, чем принятие решения о продлении срока эксплуатации действующих АЭС.

Позицию, согласно которой атомная энергетика вносит существенный вклад в борьбу с изменениями климата, разделяют и авторитетные международные организации. По данным все того же Международного энергетического агентства, гипотетический отказ от атомной энергетики может привести к дополнительным выбросам в атмосферу углекислого газа в размере 4 млрд тонн в период до 2040 года.

Безопасность атомной генерации

Очевидно, что широкое использование атомной энергии в большинстве развитых стран, в том числе в США, которые в последние месяцы активно декларируют климатическую повестку, говорит не только об экономической целесообразности, но и об экологичности и безопасности этого вида производства.

Важно понимать, что корректное производство атомной энергии абсолютно безопасно. Этой сфере уделяется особое внимание при проектировании АЭС, существуют высочайшие стандарты, постоян-

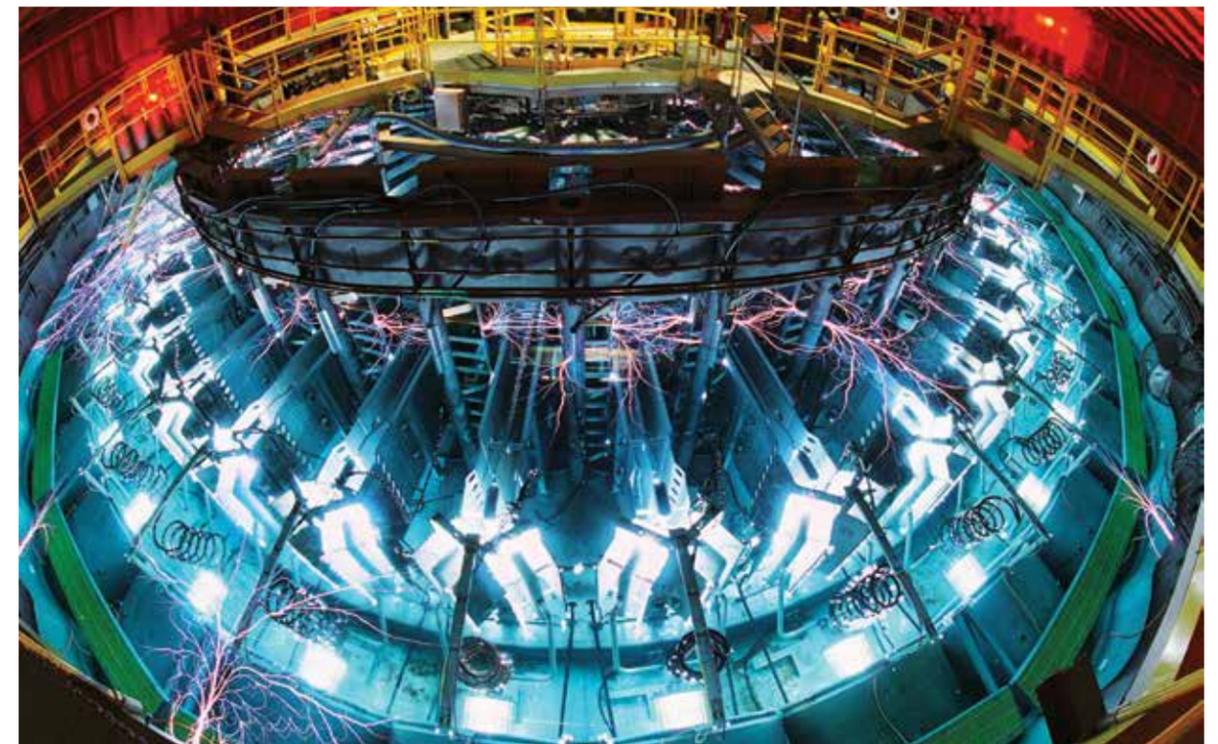
В марте 2021 г. Франция, Польша, Венгрия, Румыния, Чехия, Словакия и Словения обратились в ЕК с заявлением о включении атомной энергетики в перечень мер достижения углеродной нейтральности

ный контроль со стороны международных организаций. Началу строительства атомной электростанции предшествует многолетний всесторонний анализ проекта, лицензирование, разработка местного нормативного ядерного регулирования, применения стандартов безопасности, применения стандартов безопасности Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и обязательная экологическая оценка.

Мы абсолютно убеждены, что атомная энергетика сегодня – это высокотехнологичная, экологичная, безопасная, современная отрасль, где внедряются наиболее передовые технологии. За атомной энергетикой не только настоящее, но и будущее. Без использования мирного атома решить задачи климатической повестки в среднесрочной перспективе будет невозможно.

Реактор «Токамак т-15мд»

Источник: infosmi.net



Путь к «зеленой» энергетике для ядерных энерготехнологий

The path to green energy for nuclear power technology

Вячеслав ПЕРШУКОВ

Специальный представитель госкорпорации «Росатом» по международным и научно-техническим проектам
e-mail: vapershukov@rosatom.ru

Viacheslav PERSHUKOV

Special representative of «Rosatom» for International and Scientific Projects
e-mail: vapershukov@rosatom.ru

Владимир АРТИСЮК

Советник генерального директора госкорпорации «Росатом»
e-mail: vvartisyuk@rosatom.ru

Vladimir ARTISUK

Advisor to the Director General of «Rosatom»
e-mail: vvarcityuk@rosatom.ru

Андрей КАШИРСКИЙ

Начальник аналитического отдела АО «Прорыв»
e-mail: kana@proryv2020.ru

Andrey KASHIRSKY

Head of Analytics, JSC «Proryv»
e-mail: kana@proryv2020.ru

Билибинская АЭС

Источник: rosenergoatom.ru



Аннотация. В статье проанализированы проблемы включения ядерной энергетики в разряд «зеленых» энергетических технологий, что соответствует стратегии устойчивого развития, принятой в ООН в 2015 г. В работе представлен вариант развития ядерных технологий на базе новой технологической платформы (НТП) с использованием замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ) и реакторов на быстрых нейтронах (БР). Сформулированы положения, которые позволят исключить основные критические замечания противников ядерной энергетики как базового инструмента для выхода из энергетического кризиса в связи с принятием решений по сохранению климата и декарбонизации электроэнергетического сектора экономики. Представлены результаты продвижения госкорпорации «Росатом» по промышленному освоению элементов НТП, подтверждающие возможность их реализации и эффективность.

Ключевые слова: ядерная энергетика, реакторы на быстрых нейтронах, открытый и замкнутый топливные циклы, безопасность, ядерное топливо, нераспространение.

Abstract. The paper reviews incentives and challenges for including nuclear power in the domain of «green» energy technologies to support the UN sustainable development strategy outlined in 2015. The pathways for nuclear to green economy is presented through analysis of advantages of fast reactors and closed nuclear fuel cycle technologies as essential elements of a new technological platform (NTP). The paper focuses on the credibility of nuclear power to be the key instrument for combating climate change and decarbonizing the energy sector while addressing some of the most popular opposing arguments. The fact that closing of nuclear fuel cycle becomes an industrial reality is illustrated by recent progress in implementing innovative nuclear projects by State Atomic Energy Corporation «Rosatom».

Keywords: nuclear power, fast reactors, open and closed fuel cycles, safety, nuclear fuel, nonproliferation.



Себестоимость ядерной генерации напрямую зависит от биржевых цен на уран, которые в последнее время отличаются сильными колебаниями

В современном мире можно выделить три основных фактора, определяющих тенденции развития мировой энергетики:

- принятие ООН 17-ти целей устойчивого развития (ЦУР) после 2015 г., среди которых обозначены ЦУР № 7 «Недорогостоящая и чистая энер-

гия» и ЦУР № 13 «Борьба с изменением климата» [1];

- подписание Парижских соглашений по климату, требующих как можно скорее выйти на пик выбросов парниковых газов и приступить к его абсолютному сокращению в глобальном масштабе с тем, чтобы во второй половине XXI века свести нетто-выбросы к нулю, то есть достичь равновесия между антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением из атмосферы [2];
- пандемия коронавируса, объявленная ВОЗ в марте 2020 г., которая вызвала шоковые явления в мировой экономике и акцентировала необходимость бесперебойного электрообеспечения системы здравоохранения и социального обеспечения [3].

В результате принятия климатических соглашений, большинство стран развернуло активную работу по формированию перечня технологий, которые позволяют определить тренды развития энергетических систем, соответствующих политике

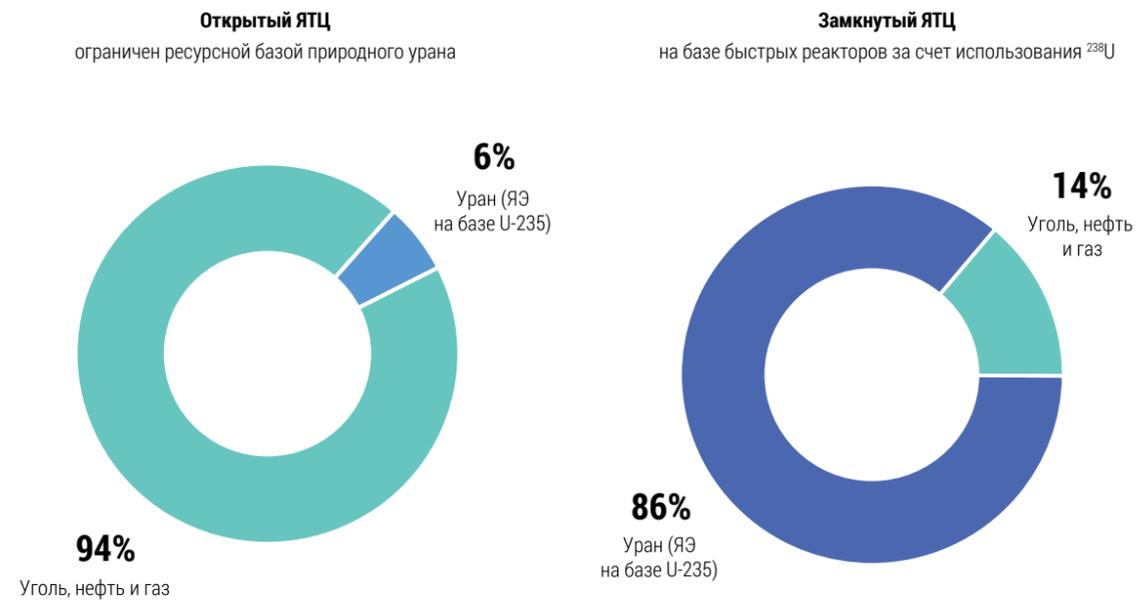


Рис. 1. Ресурсная база для ядерной энергетики в открытом и замкнутом топливных циклах

«зеленой» энергетики. Характерным примером является разрабатываемая в настоящее время в Еврокомиссии таксономия, определяющая единую схему оценки экономической деятельности, стимулирующей инвесторов и промышленность развивать технологии, способствующие выполнению Парижских соглашений [4]. Аналогичный документ сформирован и в России [5].

Если провести анализ этих условий, то к перечню технологий, которые достойны субсидирования, относятся только три вида генерации энергии – солнечная, ветровая и гидроэнергетика. Ископаемые виды также не исключаются при условии внедрения технологий захвата и хранения углерода (carbon capture and

Существующая ядерная энергетика на реакторах на тепловых нейтронах использует уран-235. Таким образом, топливная база для нее составляет всего 6% ископаемых энергоресурсов планеты

storage-CCS) и его конвертирования в полезные продукты для промышленности [6]. Группа экспертов, подготовивших документ, подтвердила низкоуглеродные параметры ядерной энергетики, но не рекомендовала на данном этапе включать ее в таксономию. Причина – трудность в оценке того, что ядерная энергетика удовлетворяет более широкому критерию отсутствия значительного воздействия на окружающую среду («do no significant harm»), который подразумевает минимальное воздействие на водные ресурсы, сохранение биологического разнообразия, надежность обращения с отходами (в первую очередь с ядерными), включая возможность реализации т. н. «циркулярной экономики», в основе которой лежит принцип возобновления ресурсов [6].

Такое структурирование технологий вполне оправдано и обладает рядом общих позиций. В первую очередь, это независимость производства энергии от сырьевой составляющей, делающей производство электроэнергии крайне чувствительным к волатильности рыночных цен на энергоносители. В то же время, ЦУР ООН № 13, фокусируется на недорогостоящей энергии, что должно минимизировать зависимость потребителя от цен на ископаемое топливо и его истощаемость, тем

самым снизив спекулятивную составляющую в обеспечении рынка потребителей электроэнергии. Существующая ядерная энергетика, основанная на открытом топливном цикле и реакторах на тепловых нейтронах, использует в основном уран-235 (доля которого в природном уране 0,071%). Таким образом, топливная база для такой энергетики составляет всего 6% ископаемых энергоресурсов планеты (рис. 1).

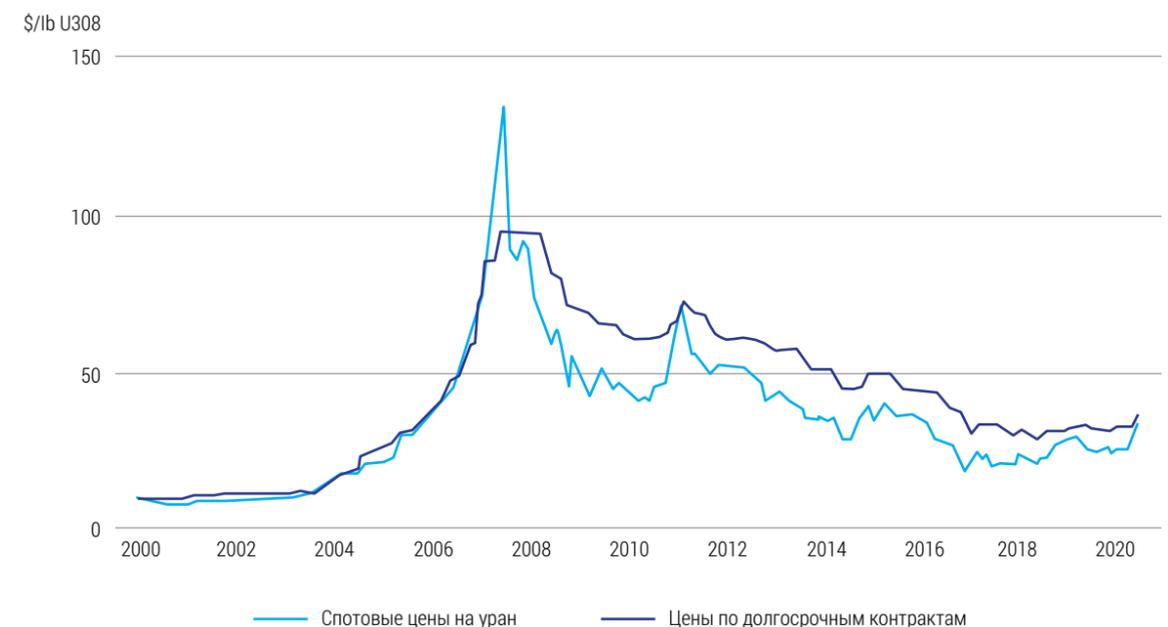
При этом, себестоимость ядерной генерации напрямую зависит от цен на уран, формирующихся на сырьевой бирже. На рис. 2 приведена динамика цен на урановое сырье за последние 20 лет. Несмотря на низкую долю стоимости сырья в общем объеме себестоимости, сильные колебания цены (достигающие 30% даже на относительно стабильном рынке последних лет) оказывают заметное влияние на стоимость электроэнергии, которая во многих странах является системообразующей и контролируемой государством. Величины тарифов на генерацию, устанавливаемые регуляторами от государства, не в состоянии обеспечить быструю реакцию на изменение биржевых цен, что приводит к финансовой неустойчивости компаний, обслуживающих АЭС.

Во-вторых, любая технология электрогенерации должна обеспечивать ми-

Удельная потребность в основных энергоемких материалах (металл, бетон, стекло) у АЭС самая низкая, что несомненно обусловлено высокой концентрацией начальной энергии в ядерном топливе

нимальное воздействие на окружающую среду, в том числе и на атмосферу планеты. Это возможно только при резкой декарбонизации производства электроэнергии. Однако, изучение возобновляемых источников через призму более широкого критерия «do no significant harm» и рамок «циркуляционной экономики» ставит ряд вопросов к самим ВИЭ. В настоящее время появились публикации, свидетельствующие о значительных проблемах при выводе из эксплуатации оборудования для ВИЭ, отработавшего свой срок, как в ветровой, так и в солнечной энергетике [8–11]. При анализе занимаемой площади в процессе строительства парков генерации на основе ВИЭ также проявляется существенное различие уровней отчуждаемых земель

Рис. 2. Динамика цен на уран по данным WNA [7]





Закрытая после аварии АЭС «Три-Мейл Айленд»

Источник: comicvine.gamespot.com

(рис. 3). Такое сравнение выгодно демонстрирует компактность объектов ядерной энергетики. Аналогичный вывод можно сделать и по влиянию природных климатических изменений на эффективность работы генерирующих установок. Только в 2020–2021 гг. наблюдалось значительное количество внеплановых остановок ветровых генераторов и солнечных панелей при воздействии внешних погодных условий [12]. При этом КИУМ АЭС практически не зависит от внешних условий и определяется эффективностью работы операторов, качеством топлива и дизайном активной зоны реакторов [13]. При уста-

новленных 393 ГВт электроэнергии (443 энергоблоков), средние значения КИУМ для АЭС колеблются в достаточно узком диапазоне 0,7–0,95, что существенно выше даже характерных значений ВИЭ.

Удельная потребность в основных энергоемких материалах (металл, бетон, стекло) самая низкая для АЭС, что несомненно обусловлено высокой концентрацией начальной энергии в ядерном топливе (рис. 4).

Кроме того, ядерную энергетику можно смело называть безопасной. Прошедшие десятилетия охарактеризовали ядерную энергетику для многих слоев населения как катастрофически опасную, что свя-

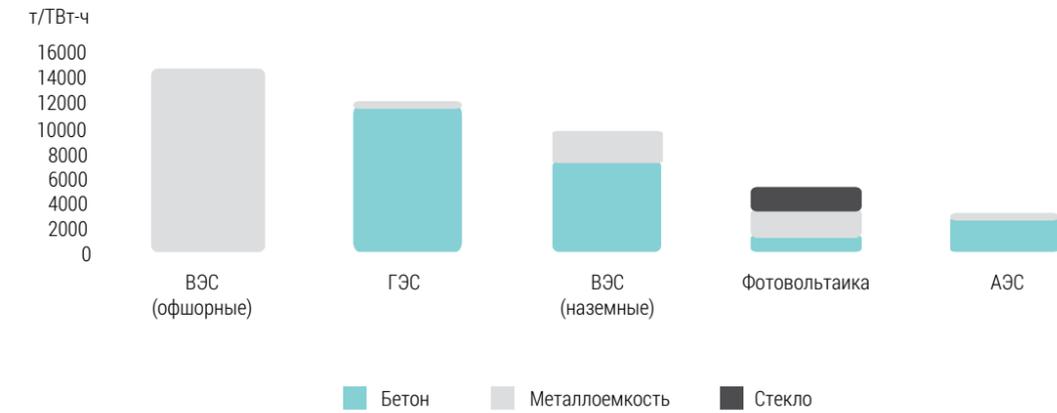


Рис. 4. Удельная материалоемкость при использовании различных видов генерации

зано изначально с военными целями использования ядерного оружия как самого разрушительного в истории человечества. Но и мирное применение потенциала ядерной энергии свидетельствовало о возможных неуправляемых процессах (Три-Майл-Айленд, Чернобыль, Фукусима), приводящих к авариям, вероятность которых соответствует уровню обеспечения безопасности 10^{-6} [14]. Степень влияния аварий на АЭС на жизнь населения значительно меньше, по сравнению с обычными техногенными катастрофами на угольных, газовых и гидро-электростанциях, или ежегодным ущербом здоровью от угольных ТЭС, но развитая в обществе радио-

фобиякратно увеличивает риски использования ядерной энергии в общественном мнении.

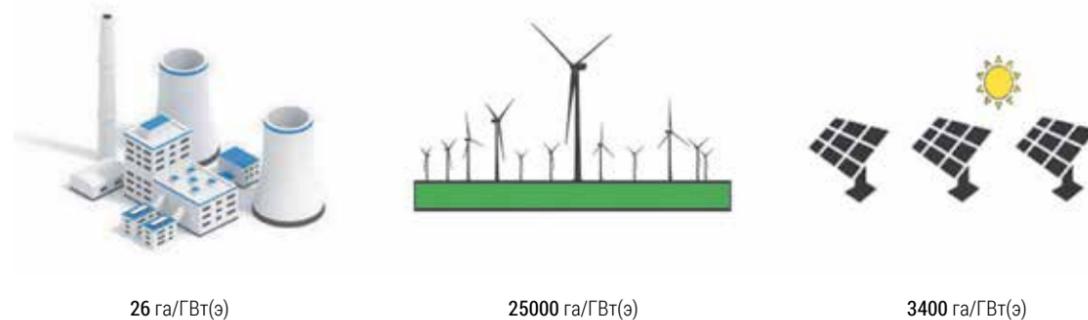
Разрешением проблем использования ядерной энергетики в открытом цикле является нахождение технических решений по переработке, вторичному использованию или захоронению ядерных отходов (ОЯТ). Нерешенность проблемы ОЯТ не позволяет отнести ядерную энергетику к разряду «зеленой», несмотря на тот факт, что выбросы CO_2 в период эксплуатации практически равны нулю. Опубликованная динамика накопления ОЯТ в мире свидетельствует о двукратном увеличении объемов в ближайшие 20 лет (рис. 5).

Парк аттракционов в г. Припять, заброшенном после аварии на Чернобыльской АЭС

Источник: picworld.ru



Рис. 3. Сравнение занимаемой площади для различных энергопарков (полная занимаемая площадь)



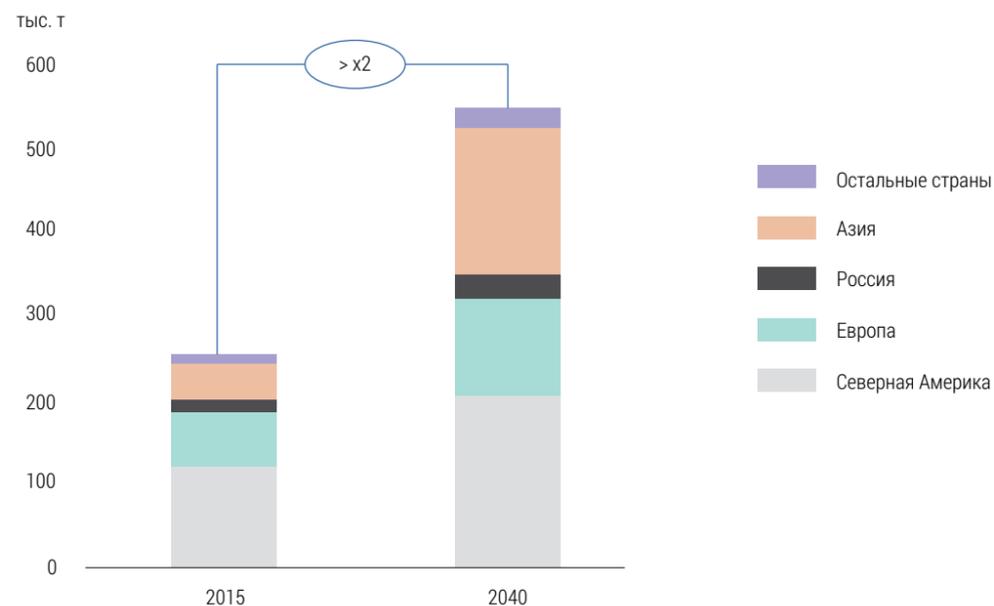


Рис. 5. Прогноз накопления ОЯТ при использовании открытого ядерного цикла по регионам планеты [15]

Наибольший прирост ожидается в странах Юго-Восточного региона, где развитие ядерной генерации осуществляется высокими темпами (в первую очередь, Китай). Многие страны ограничивают развитие технологий переработки ОЯТ, что связано с требованием нераспространения ядерного оружия и опасностью неконтролируемого выделения из ОЯТ плутония оружейного качества. Именно по этой причине ряд стран (Германия, США и др.) рассматривают только вопрос окончательного захоронения ОЯТ в горных массивах. Однако, при условии первичной переработки необходимо подтвердить изоляционные характеристики матриц для удержания радиоактивных изотопов (в первую очередь, минорных

актинидов) на период до нескольких сотен тысяч лет. Такого опыта у человечества нет, и именно поэтому дискуссии затягиваются на десятилетия, оставляя вопрос не решенным [16–19].

В настоящее время основной парк ядерной энергетики базируется на АЭС с реакторами на тепловых нейтронах большой мощности, работающих в условиях открытого ядерного топливного цикла. Анализ конкурентоспособности показывает, что ядерные технологии обеспечивают требования экономической эффективности по уровню приведенной стоимости электроэнергии (LCOE) при сравнении не только с объектами ВИЭ, но и традиционной газовой генерации (рис. 6). Использование ставки дисконтирования 5 % соответствует стандартам МАГАТЭ для объектов ядерной генерации с большим сроком жизненного цикла (60 лет).

При анализе экономики ВИЭ, которые по объективным причинам не могут обеспечить стабильную поставку электроэнергии, часто рассматривают вариант их резервирования газотурбинными установками. Такое резервирование приведет к увеличению LCOE и, соответственно, к ухудшению конкурентоспособности ВИЭ. Тем не менее, многие эксперты отмечают, что дальнейшего снижения капитальных затрат солнечных и ветровых электро-

Ядерные технологии конкурентоспособны и обеспечивают требования экономической эффективности по уровню приведенной стоимости электроэнергии по сравнению как с ВИЭ, так и с газовой генерацией

станций можно достичь путем увеличения мощности производства энергоустановок на крупных заводах (как это произошло в Индии и Китае). Очевидно, ядерная энергетика в XXI веке должна быть конкурентоспособной при сравнении с любой альтернативной технологией генерации. Если достигнутый уровень развития реакторных технологий не позволяет гарантировать сохранение конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынке в долгосрочной перспективе, значит, ей необходим новый рыночный продукт с более высокими требованиями экономической эффективности. Таким продуктом может стать НТП, которая постоянно развивается с накоплением положительного опыта проектирования, сооружения и эксплуатации БР и объектов ЗЯТЦ. Расчеты показывают, что уровень капитальных затрат перспективных АЭС с БР нового поколения в России окажутся на 20 % ниже по сравнению с показателями, достигаемыми текущим поколением ВВЭР [14]. При этом, топливная составляющая стоимости электроэнергии на БР с замкнутым ЯТЦ не должна превышать тот же параметр для ВВЭР, работающего в открытом цикле.

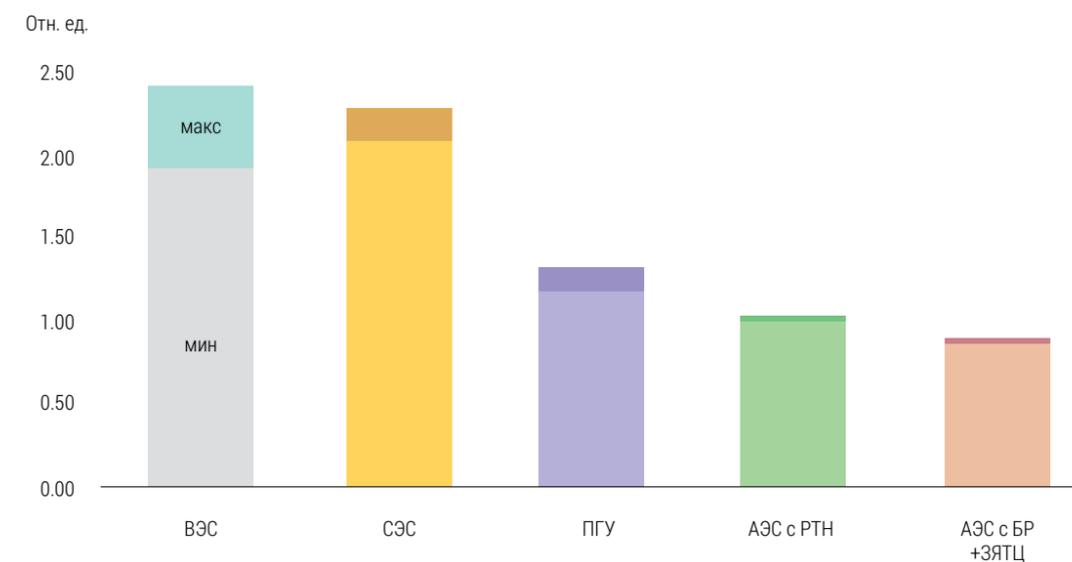
Описанные выше проблемы развитой ядерной энергетики на базе открытого ядерного топливного цикла свидетельствуют о значительных барьерах на пути общественного признания традиционной гене-

Расчеты показывают, что уровень капитальных затрат перспективных АЭС с БР нового поколения в России окажутся на 20 % ниже по сравнению с показателями, достигаемыми текущим поколением ВВЭР

рации электроэнергии с использованием ядерных технологий к разряду «зеленых», несмотря на отсутствие углеродного следа. Проведенные в период 2000–2020 гг. циклы исследований и разработок институтов «Росатома», Курчатовского института и организаций РАН позволили сформировать новую технологическую платформу ядерной энергетики, исключающую описанные выше проблемы и подтверждающие ряд технических решений для построения «зеленой» ядерной энергетики [13].

Ученые физики еще на заре ядерной эры обосновали факт того, что получаемые в результате облучения нейтронами урана-238 изотопы плутония-239 по своим характеристикам и энергопотенциалу представляют собой новый вид ядерного

Рис. 6. LCOE электростанций на Урале при ставке дисконтирования 5 % для ТЭП 2035 г., в отн. ед. (за единицу принято значение LCOE мин. АЭС с РТН) [14]



топлива. Э. Ферми (в США) и А. И. Лейпунский (в СССР) доказали, что самоподдерживающаяся цепная реакция деления на быстрых нейтронах, приводит к существенному, по сравнению с традиционными реакторами на тепловых нейтронах, избытку нейтронов, которые могут быть направлены на производство плутония-239 или на трансмутацию радиоактивных ядер из ОЯТ. Именно это природное явление было заложено в требования к конструкции БР-реакторов на быстрых нейтронах, позволяющих осуществить задачу воспроизводства сырьевой базы ядерной энергетики в условиях ЗЯТЦ (рис. 1).

биологическую опасность и пожизненный радиационно-обусловленный риск (LAR) возможной индукции онкозаболеваний от ядерных отходов, отправляемых на захоронение до допустимого стандартами безопасности уровня и в приемлемых временных интервалах [20, 21]. В открытом цикле ОЯТ после облучения направляется на промежуточное хранение с последующим либо окончательным захоронением в качестве отходов, либо выделением из него высокоактивных ядерных отходов, содержащим минорные актиниды вместе или без плутония для окончательного захоронения в глубоких геологических пластах.



Захоронение радиоактивные отходов, Сергиев Посад

Источник: kartinkin.com

Вовлечение плутония из ОЯТ реакторов на тепловых нейтронах в ЗЯТЦ с реакторами на быстрых нейтронах позволяет полностью снять ограничения по ресурсам (в России при ускоренном переходе всей ядерной энергетической системы на БР интегральное потребление урана не превысит 230 тыс. т) и выделить с последующим рециклированием в ядерных реакторах все проблемные ядерные материалы из отходов (плутоний, уран, минорные актиниды), отправляемых в пункт геологического захоронения. В результате такой подход позволит снизить потенциальную

Для многих стран эти опции неприемлемы по политическим, экологическим и другим причинам, связанным с вопросами безопасности окружающей среды. Радиотоксичность ОЯТ со временем будет снижаться, однако потребуются сотни тысяч лет прежде чем уровень радиотоксичности отходов сравняется с природным ураном. Целью БР в этом отношении является использование U, Pu и MA из ОЯТ реакторов на тепловых нейтронах таким образом, чтобы на захоронение пошли исключительно продукты деления. Радиотоксичность этих отходов также со временем достиг-

нет уровня природного урана, но для этого потребуются всего лишь несколько сотен лет, что в конечном счете является гораздо более приемлемым сроком в сравнении с опцией открытого цикла. Такой подход позволяет практически до нуля сократить негативное влияние отработанных ядерных отходов на окружающую среду, выполняя одно из главных требований по критериям чистой «зеленой» энергетики.

Одним из ключевых преимуществ БР является возможность применения принципиально новых подходов к обеспечению безопасности. Быстрые реакторы, разрабатываемые на базе принципов естественной безопасности [22–24], призваны решать задачи по исключению аварий на АЭС, требующих эвакуации населения:

- реактивностные аварии (разгон на мгновенных нейтронах);
- аварии с потерей теплоотвода;
- пожары и взрывы на АЭС, которые могут привести к необходимости эвакуации населения.

Естественная безопасность позволяет

также сократить количество различных необходимых инженерных мер и систем безопасности АЭС, что положительно влияет на оценку экономической конкурентоспособности разрабатываемых энергоблоков.

Можно констатировать (рис. 7), что инновационные технологии БР и ЗЯТЦ позволят решить ключевые системные проблемы текущей платформы ядерной энергетики, наличие которых в настоящий момент обуславливает осторожное отношение к ней в мире. Эти технологии предназначены для развития атомной генерации на принципиально новой технологической платформе:

- техническая безопасность ядерной энергетики: исключение аварий, требующих эвакуации населения;
- экологическая безопасность топливного цикла: решение проблем обращения с долгоживущими высокоактивными отходами и накопления ОЯТ;
- политическая нейтральность атомной энергетики: технологическая

Рис. 7. Новая технологическая платформа – путь ядерной энергетики в «зеленую»





Рис. 8. Опытно-демонстрационный комплекс в г. Северск

поддержка режима нераспространения;

- конкурентоспособность;
- устойчивое обеспечение топливными сырьевыми ресурсами (тысячи лет) с устранением необходимости добычи урана для нужд электроэнергетики.

В России сегодня, в рамках проекта «Прорыв», создается новая технологическая платформа ядерной энергетики на базе создания инновационных БР с замкнутым ядерным топливным циклом [14]. В июне 2021 года знаменательным событием проекта стало начало строительства АЭС с реактором на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем БРЕСТ-ОД-300 электрической мощностью 300

МВт(э) с плановым сроком ввода в 2026 г. АЭС будет являться составной частью опытно-демонстрационного энергетического комплекса (ОДЭК), построенного в г. Северск Томской области (рис. 8). Кроме реакторной установки ОДЭК также будет располагать предприятиями пристанционного ядерного топливного цикла (ПЯТЦ) для фабрикации и переработки ядерного топлива, что в конечном счете должно продемонстрировать успешную реализацию замкнутого цикла в рамках одной площадки. Строительство модуля фабрикации нового уран-плутониевого нитридного топлива уже завершено и осуществляется монтаж технологического оборудования. Ввод модуля фабрикации в эксплуатацию планируется в 2024 г., когда и планируется начало из-

Использованные источники

1. UN Sustainable Development Goals. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
2. COP 21. URL: <https://www.gouvernement.fr/en/cop2>
3. Global Energy Review 2020 The impacts of the COVID-19 crisis on global energy demand and CO2 emissions.
4. Taxonomy: Final report of the Technical Expert Group on Sustainable Finance March 2020.
5. Цели и основные направления (в том числе «зеленого») развития Российской Федерации, распоряжение Правительства РФ № 1912-р, от 14.07.2021 г. URL: <http://static.government.ru/media/files/sMdcuCaAX405j3Vy3b1GQwCKfa9lszW6.pdf>
6. UN Circular Economy. URL: <https://unece.org/trade/CircularEconomy>
7. URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/uranium-markets.aspx>
8. Unsustainable Wind Turbine Blade Disposal Practices in the United States: A Case for Policy Intervention and Technological Innovation. NEW SOLUTIONS A Journal of Environmental and Occupational Health Policy 26(4) 2016.
9. IRENA and IEA-PVPS (2016), «End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels», International Renewable Energy Agency and International Energy Agency Photovoltaic Power Systems.
10. Duran S., Atasu A., Van Wassenhove, Luk N. Cleaning after Solar Panels: A Circular Outlook (May 26, 2021). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3860571> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3860571>
11. Perera A. T.D., Nik V. M., Chen D. et al. Quantifying the impacts of climate change and extreme climate events on energy systems. Nat Energy 5, 150–159 (2020). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0558-0>
12. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Climate Change and Nuclear Power 2020, IAEA, Vienna (2020).
13. Power Reactor Information System PRIS. URL: <https://www.iaea.org/resources/databases/power-reactor-information-system-pris>
14. Белая Книга ЯЭ. Замкнутый ЯТЦ с быстрыми реакторами / Под ред. Адамова Е. О. – М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2020. – 496 с.
15. Хаперская А. В., Блохин П. А., Бирюков Д. Б. Международная конференция МАГАТЭ по обращению с отработавшим ядерным топливом // Радиоактивные отходы. № 9, 2019. С. 116–118.
16. Germany launches new search for permanent nuclear waste disposal site. Статья на онлайн ресурсе. URL: <https://www.dw.com/en/germany-launches-new-search-for-permanent-nuclear-waste-disposal-site/a-55077967>
17. Lessons learned from the U.S. national strategy – a personal perspective P. B. Lyons Paper ID#180 Management of Spent Fuel from Nuclear Power Reactors. Proceedings of an International Conference Vienna, Austria, 24–28 June 2019.
18. The World Nuclear Waste Report 2019 Focus Europe. November 2019 Heinrich-Böll-Stiftung. DOI: 10.25530/03552.42
19. Artemis review of JAEA back and roadmap: final report Department of nuclear energy Department of nuclear safety and security, 12–22 April 2021.
20. Адамов Е. О., Иванов В. К., Чекин С. Ю. и др. Радиационная и радиологическая эквивалентность РАО при двухкомпонентной ядерной энергетике // Радиация и риск. 2019, № 1. Т. 28. С. 1–18.
21. Двухкомпонентная ядерная энергетика: безопасность, экономика, экология. роль сквозных цифровых технологий в обеспечении конкурентоспособности // Сборник статей. Цифровая энергетика: новая парадигма функционирования и развития под ред. Н. Д. Роголева. – М.: Издательство МЭИ, 2019. – 300 с.
22. Слесарев И. С., Адамов Е. О., Леонов В. Н., Лопаткин А. В., Рачков В. И., Хомяков Ю. С. К вопросу о достижимости естественной безопасности ЯЭУ пятого поколения // Известия РАН. Энергетика. № 3, 2020, С. 15–32.
23. Адамов Е. О., Алексахин Р. М., Большов Л. А., Дедуль А. В., Орлов В. В., Першуков В. А. и др. Проект «ПРОРЫВ» – технологический фундамент для крупномасштабной ядерной энергетики // Известия РАН. Серия «Энергетика». № 1, 2015. С. 5–12.
24. Адамов Е. О., Соловьев Д. С. Ядерная энергетика – вызовы и решение проблем // Энергетическая политика. № 3, 2017. С. 21–30.
25. Адамов Е. О., Муравьев Е. В. Ядерная энергетика России в концепции энергетического суверенитета // Энергетическая политика. № 1, 2021. С. 34–47.

готовления первых топливных сборок для загрузки в реактор БРЕСТ-ОД-300.

Естественным продолжением ОДЭК является создание промышленных энергокомплексов, где в рамках одной площадки будут находиться уже коммерческие энергоблоки большой мощности с пристанционными модулями фабрикации и переработки топлива, удовлетворяющие на высоком уровне международные критерии устойчивого развития и циркулярной экономики. Создание подобных комплексов позволит

минимизировать транспортные потоки потенциально опасных ядерных материалов и реализовать «короткий» топливный цикл БР, что эффективно, с точки зрения оптимизации балансов Pu, для развития широкомасштабной ядерной энергетики. Промышленное освоение этих технологий и их тиражирование в России и мире позволит обеспечить бескомпромиссный переход атомной энергетики в разряд «зеленых» и возобновляемых технологий уже в первой половине XXI века [25].

Балаковская АЭС

Источник: rosenergoatom.ru



Энергетическая политика Японии: между инерцией и прорывом

Japan's Energy Policy: Between Inertia and Breakthrough

Алексей БЕЛОГОРЬЕВ

Заместитель главного директора по энергетическому направлению фонда «Институт энергетики и финансов»
e-mail: millarion@gmail.com

Alexey BELOGORYEV

Deputy Chief Director for the Energy Direction of the Institute of Energy and Finance Foundation
e-mail: millarion@gmail.com

Вечерний Токио на фоне г. Фудзияма

Источник: sepavone / Depositphotos.com



Аннотация. В статье рассматриваются ключевые изменения в государственной энергетической политике Японии, произошедшие в 2020-2021 гг., в контексте новой заявленной цели достижения углеродной нейтральности страны к 2050 году. Анализируются основные технологические и регуляторные аспекты намеченных изменений, а также соответствие целевых ориентиров текущим тенденциям и прогнозным ожиданиям развития ТЭК Японии. *Ключевые слова:* Япония, энергетическая политика, низкоуглеродное развитие, декарбонизация, АЭС, ВИЭ.

Abstract. The article examines the current changes in Japan's energy policy related to the implementation of the new state low-carbon strategy announced in 2020-2021. The author assesses the compliance of the goals with the observed and forecast trends in Japan's energy consumption and greenhouse gas emissions.

Keywords: Japan, energy policy, low-carbon development, decarbonization, nuclear power plants, renewable energy.

II

Структура выбросов CO₂ в Японии почти идентична среднемировой: 41,7% на уголь, 37% – на нефть и 21,3% – на природный газ

Низкоуглеродная стратегия

В Японии, как и во многих других странах, одним из главных последствий пандемии COVID-19 стала активизация обсуждения низкоуглеродной повестки. Это может сильно отразиться на энергетической политике страны уже в ближайшие годы.

Выступая 26 октября 2020 г. со своей первой политической речью в должности премьер-министра, Ёсихиде Суга объявил о новой амбициозной цели – достижения Японией нулевого уровня выбросов парниковых газов уже к 2050 году. Ранее, согласно базовому энергетическому плану, принятому в 2018 г., к 2050 г. планировалось сократить выбросы лишь на 80% (от уровня 2013 г.), а срок достижения полной углеродной нейтральности четко



Премьер-министр Японии Ёсихиде Суга
Источник: tagesspiegel.de

не обозначался. По примеру национального правительства в 2020–2021 гг. сотни местных органов власти в Японии, включая крупнейшие города (Токио, Киото, Иокогаму и др.), взяли на себя локальные обязательства достичь нулевого выброса парниковых газов к 2050 году.

Уже 22 апреля 2021 г., выступая на саммите мировых лидеров, Ё. Суга радикально изменил и промежуточный индикатор для 2030 г., пересмотрев его почти в два раза: теперь к 2030 г. предполагается снизить выбросы не на 26% (от уровня 2013 г.), а сразу на 46% с возможностью доведения этого показателя до 50%.

В декабре 2020 г. на основе объявленной цели правительством была представ-

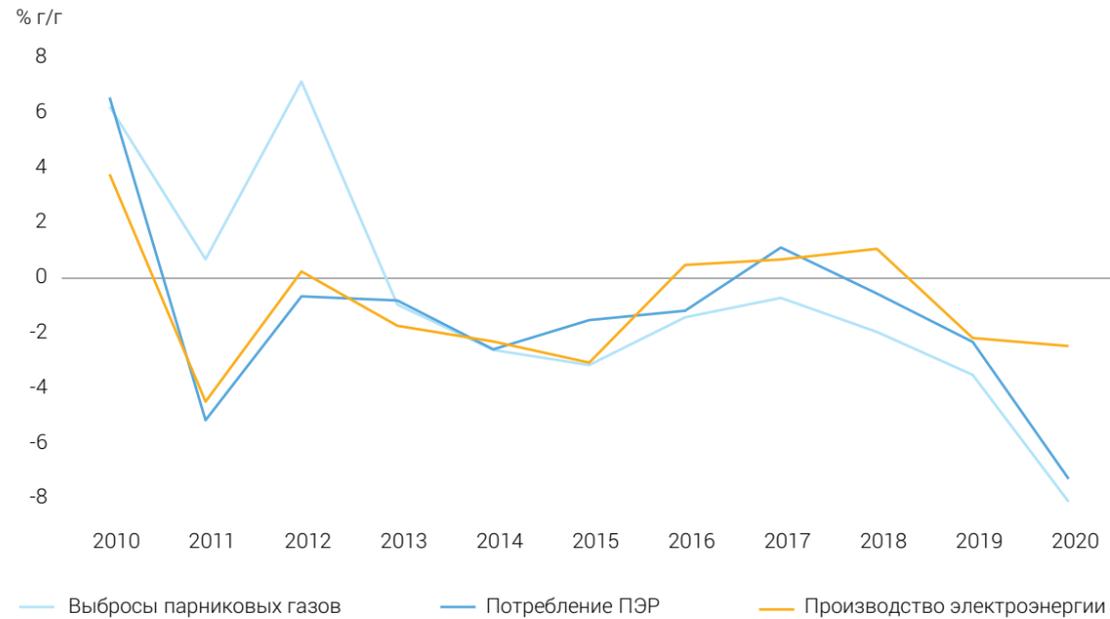


Рис. 1. Динамика энергопотребления и выбросов парниковых газов от энергетических источников в Японии

Источник:
автор по данным ВР

лена Стратегия «зеленого роста» за счет достижения углеродной нейтральности в 2050 году. В июне 2021 г. была опубликована доработанная версия этого документа объемом более 160 стр.¹ Стратегия «зеленого роста» предполагает ориентацию бюджетной, налоговой и финансовой политики, реформ регулирования и стандартизации, а также международного сотрудничества на достижение углеродной нейтральности страны. При этом подчеркивается, что углеродная нейтральность в 2050 г. является чрезвычайно сложной задачей и требует реализации более амбициозных инновационных целей, чем когда-либо прежде. Все отрасли японской промышленности долж-

ны способствовать сокращению выбросов CO₂ во всех производственно-сбытовых цепочках путем распространения продуктов, услуг и других технологий с выдающимися экологическими показателями внутри и за пределами Японии.

Идеология стратегии строится на утверждении, что решение проблемы глобального потепления из препятствия развития превращается в основу для долгосрочного экономического роста. Во всяком случае, в азиатских странах. Соответственно стратегия нацелена не только на практические меры государственного регулирования, но и на пересмотр традиционного мышления общества и бизнеса. Последнему предлагается кардинально изменить свои бизнес-модели и стратегии. В этой связи стратегия «зеленого роста» содержит подробные рекомендации коммерческим компаниям по организации и финансированию низкоуглеродных проектов, а также детальный обзор предлагаемых мер государственной политики, в том числе налоговых. Стратегия включает в себя также отдельные дорожные карты достижения углеродной нейтральности для основных энергоемких отраслей промышленности (металлургия, химическая, целлюлозно-бумажная, цементная

Достижение углеродной нейтральности к 2050 году для Японии совсем не тривиальная задача, учитывая, что Япония остается на 5-м месте в мире по выбросам CO₂ от энергетических источников

промышленность и пр.). Все карты имеют годовые среднесрочные ориентиры на 2021–2025 гг. и долгосрочные для 2030, 2040 и 2050 годов.

Проблема выбросов

Достижение углеродной нейтральности к 2050 году – действительно совсем не тривиальная задача, учитывая, что Япония остается на 5-м месте в мире по объему эмиссии парниковых газов от энергетических источников (уступая КНР, США, Индии и России) с долей около 3,2 % (4 % в 2012 г.). Несмотря на то, что объем эмиссии в последние годы снижался, он по-прежнему составляет около 1–1,1 млрд т CO₂-экв. в год, по данным ВР и МЭА за 2020 г.

По оценке агентства природных ресурсов и энергетики Японии (далее – ANRE), из общего объема национальной эмиссии 1,24 млрд т CO₂-экв. 1,06 млрд (85,5 %) в 2018 г. приходилось на энергетические источники. Из них 450 млн т генерировала электроэнергетика, около 300 млн т – промышленность, 200 млн т – транспорт и 110 млн т – домохозяйства и прочие потребители.

В качестве базового года для оценки снижения выбросов в Японии принят 2013 финансовый год. Суммарная эмиссия в этот год составила 1,41 млрд т CO₂-экв., в т. ч. в электроэнергетике – 572 млн т

В общем энергобалансе Японии доля ВИЭ к 2030 г. должна достигнуть 20 %, природного газа – 20 %, нефти – 30 %, атомной промышленности – 10 %. Доля водородной энергетики может достигнуть 1 %

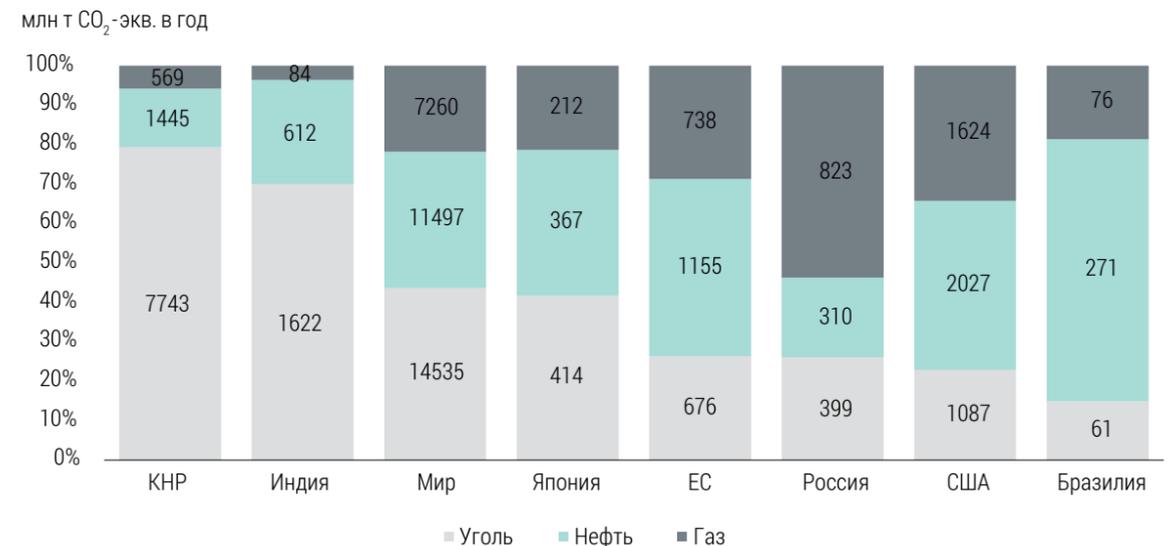
и за счет других энергетических источников – еще 663 млн т. Таким образом, к 2018 году, по данным ANRE, выбросы удалось снизить на 12,1 %, 21,3 % и 9,7 % соответственно.

Структура выбросов в Японии почти идентична среднемировой: 41,7 % приходится, по данным МЭА, на уголь, 37 % – на нефть и 21,3 % – на природный газ. Основные отличия от других развитых стран заключаются в высокой доле угля и низкой – природного газа. Доля электроэнергетики в выбросах составляет 46,6 % (в мире – 41,15 %), что значительно выше, чем в других развитых странах.

Таким образом, для движения в сторону углеродной нейтральности Японии необходимо, прежде всего, сократить использова-

Рис. 2. Структура выбросов парниковых газов от энергетических источников в мире и в ключевых странах-эмитентах

Источник:
автор по данным МЭА (WEO-2020)





Кавасаки, Япония

Источник: sepavone / Depositphotos.com

ние угля, во вторую очередь – потребление нефтепродуктов на транспорте (20,2 % выбросов) и в третью – газовую генерацию (14,6 %).

Шестой энергетический план

21 июля 2021 г. ANRE представило предварительный проект Шестого стратегического энергетического плана Японии, разработка которого ведется с октября 2020 г. (официально документ не опубликован). Энергетические планы в Японии являются аналогом российской Энергетической стратегии, но обновляются чаще – раз в 3–4 года, на основе закона «Об основах

энергетической политики» 2002 г. Горизонт планирования постепенно увеличился с 5 до 10 лет. Первый план был опубликован еще в 2003 году. Шестой план, вероятнее всего, будет утвержден до начала 26-й сессии конференции ООН по изменению климата, которая состоится в ноябре 2021 г.

Основной целью нового плана является обеспечение объявленного Ё. Суга снижения выбросов парниковых газов на 46 % к 2030 финансовому году от уровня 2013 года. Предыдущий план, принятый 3 июля 2018 г.², был первым, в котором основное внимание было уделено ВИЭ. Наряду с развитием децентрализованного энергоснабжения и технологий хранения энергии, план предпола-

Таблица 1. Основные отличия Шестого и Пятого стратегических энергетических планов Японии

Источник:

автор по данным ANRE (июль 2021 г.)

Показатель	2019 фин. год (факт)	2030-й фин. год		Различие между планами, %
		Шестой план (проект от 21.07.2021 г.)	Пятый план (от 03.07.2018 г.)	
Производство первичных источников энергии, млрд литров нефтяного эквивалента	478	430	489	-12,1 %
Выработка электроэнергии, млрд кВт·ч	1024	940	1065	-11,7 %
Доля ВИЭ в выработке электроэнергии, %	18	36–38	22–24	+58–64 %

гал, что к 2030 г. 56 % электрогенерации будет по-прежнему работать на ископаемом топливе, 20–22 % придется на АЭС, остальные 22–24 % – на ВИЭ.

Проект Шестого плана предполагает, что до 60 % электроэнергии к 2030 г. будет вырабатываться на основе не ископаемых источников энергии: 36–38 % – ВИЭ, 20–22 % – атомной энергии и еще около 1 % может быть удовлетворено за счет использования водорода и аммиака. Планом предусмотрено удвоение к 2030 финансовому году выработки электроэнергии на основе ВИЭ: 330–350 млрд кВт·ч против 186,3 млрд в 2019 календарном году, по данным IRENA. При этом источник 20–40 млрд кВт·ч генерации ВИЭ не определен. Генерация на ископаемых видах топлива на 20 % должна состоять из СПГ, на 19 % – из угля и на 2 % – из жидких углеводородов. Показатель выработки электроэнергии на основе биомассы остался в рамках верхней границы предыдущего прогноза: 47,1 млрд кВт·ч в 2030 г. против ранее предусмотренного диапазона 39,4–49 млрд кВт·ч, при этом установленная мощность биоэнергетики должна увеличиться до 8 ГВт (против ожидавшихся 6–7 ГВт).

Токио, Япония

Источник: chenws / Depositphotos.com



Предполагается, что к 2030 г. до 60 % электроэнергии будет вырабатываться на основе не ископаемых источников: 36–38 % – ВИЭ, 20–22 % – атомной энергии и еще около 1 % водорода и аммиака

В общем энергобалансе доля ВИЭ к 2030 г. должна достигнуть 20 %, столько же составит доля природного газа. До 30 % будет приходиться на нефть и до 10 % – на АЭС. Доля водорода может достигнуть 1 %.

Принципиальным изменением в Шестом энергетическом плане стала также задача сократить к 2030 г. производство первичных источников энергии, тогда как ранее ожидался его умеренный рост. Электрогенерация также должна быть снижена: до 930–940 млрд кВт·ч против 1024 млрд кВт·ч в 2019 финансовом году. Предыду-

№	Отрасль	Область применения	Задачи разработки и внедрения
1	ТЭК	Ветровая энергетика	ветровые турбины (в т. ч. плавучие) и комплектующие
2		Топливный аммиак	как переходное топливо на пути к водородной экономике
3		Водород	водородные турбины в электрогенерации, водородное восстановление железа, морские грузовые суда на водороде, электролизеры
4		Атомная энергетика	малые модульные реакторы, использование АЭС для производства водорода
5		Мобильность и аккумуляторы	электромобили, транспортные средства на топливных элементах, новое поколение аккумуляторных батарей
6		Полупроводники и информационно-коммуникационные технологии	центры по обработке данных, энергосберегающие полупроводники
7	Транспорт и промышленность	Морские перевозки	суда на топливных элементах, суда с электрическим приводом, суда на газовом топливе
8		Логистика, пассажироперевозки и инфраструктура	умные транспортные системы, использование дронов, строительная техника на топливных элементах
9		Продукты питания, сельское и лесное хозяйство, рыболовство	умное сельское хозяйство, деревянные небоскребы, «синий» углерод
10		Авиация	гибридные электродвигатели, водородные двигатели
11		Утилизация углерода	бетон, биотоплива, пластик
12		Жилье и строительство	перовскитовый солнечный элемент
13	Домохозяйства	Циркуляция ресурсов	биоматериалы, материалы из переработанных отходов, электрогенерация на основе отходов
14		Индустрия образа жизни	развитие локального бизнеса в сфере декарбонизации

Таблица 2. Дорожная карта по достижению нулевых выбросов парниковых газов к 2050 году (ключевая часть Стратегии «зеленого роста» за счет достижения углеродной нейтральности в 2050 году).

Источник:
автор по данным METI
(декабрь 2020 г.)

ций план предполагал ее рост к 2030 г. до 1065 млрд кВт·ч.

Дорожная карта

Достижение поставленной цели предполагает осуществление задач в 14 различных приоритетных областях (таблица 2), объединенных в дорожную карту перехода к нулевым выбросам углерода.

Представленный план во многом продолжает предыдущий энергетический план 2018 года, и предусматривает, прежде всего:

- продолжение восстановления атомной энергетики (перезапущены пока только 9 реакторов или 25 % от общего числа, которое может быть введено в эксплуатацию; до марта 2011 г. на японских АЭС действовало 54 реактора, из них 21 был полностью выведен из эксплуатации,

еще три были введены в строй уже после аварии);

- ускоренное развитие ВИЭ;
- признание важного значения СПГ в рамках азиатской модели энергетического перехода;
- упор на продвижение водородной энергетики (как наиболее перспективном направлении развития ТЭК) и на активное использование топливных элементов на транспорте. При этом пока речь, в основном, о «голубом» водороде, произведенном на основе импортируемого СПГ.

При этом утверждается, что углеродно-нейтральное общество – это электрифицированное общество. Электроэнергетика, в свою очередь, должна способствовать декарбонизации за счет максимального использования ВИЭ и атомной энергии, а также водорода, аммиака, CCUS и т. д.

В отношении большинства областей, включенных в дорожную карту, в последние годы проводились масштабные научные исследования. Так, например, в 2014–2018 гг. в рамках учрежденной правительством Межведомственной программы стратегического продвижения проводились фундаментальные исследования безопасности и эффективности использования топливного аммиака (в т. ч. в смеси с газом или углем). В частности, было доказано, что можно эффективно обезвредить выделяющийся при сгорании аммиака оксид азота.

Помимо изменения структуры производства и потребления энергии и развития энергосбережения, стратегия «зеленого роста» включает в себя полномасштабную цифровизацию всех отраслей экономики, состоящую из набора вполне традиционных мер:

- рост полупроводниковой и информационно-коммуникационной отраслей;
- повсеместный переход к «умным» («интеллектуальным») сетям, домам и пр.;
- автоматическое управление всеми видами транспорта;
- автоматизация и роботизация промышленного производства.

Правительство Японии планирует также продолжить политику консолидации региональных электросетей, проводимую после 2011 г. Важность этого направления была еще раз продемонстрирована в сентябре 2018 г., когда из-за землетрясения произошло отключение электроэнергии на о-ве Хоккайдо. Кроме того, консолидация упрощает доступ в сеть для производителей ВИЭ. В частности, в 2020-е гг. планируется выравнивание частоты в энергосистемах восточной и западной Японии.

Двигаясь по указанной дорожной карте, правительство Японии предполагает следование трем ключевым принципам:

- продвижение технологических инноваций как основы для решения глобальных климатических проблем;
- содействие «зеленому» финансированию разработки новых технологий;
- поддержка международного сотрудничества коммерческих организаций, занятых разработкой и внедрением инновационных «зеленых» технологий.

В целом, политическая составляющая стратегии сконцентрирована на реформах регулирования и стандартизации, создании

эффективных инструментов финансирования и снижении цен на низкоуглеродные технологии, оборудование и продукты за счет расширения частных инвестиций. Регуляторная реформа нацелена, прежде всего, на стимулирование развития водородной инфраструктуры, изменение правил использования энергетических сетей, дестимулирование производства и покупки бензиновых автомобилей и на переориентацию государственных закупок на товары с низкими выбросами парниковых газов. Развитие стандартизации включает в себя, главным образом, разработку и изменение стандартов безопасности для новых видов транспорта и зарядных станций, использования биореактивного топлива, для плавучих ветровых электростанций и пр.



Саппоро, остров Хоккайдо
Источник: tourber.com

В октябре 2020 г. министерство экономики, торговли и промышленности Японии (далее – METI) опубликовало³ перечень из 320 японских компаний, занимающихся реализацией данной дорожной карты, т. е. внедряющих инновационные технологии для снижения выбросов парниковых газов. Министерство планирует оказывать им активную информационную и организационную поддержку. Правительство намерено также поощрять участие малых, средних и венчурных компаний, которые поддерживают цепочку поставок и создают новые отрасли низкоуглеродной промышленности.

Япония планирует продолжить политику консолидации региональных электросетей, проводимую после 2011 г. В частности, будут выравнены частоты в энергосистемах восточной и западной части страны

Внутриполитический контекст

Синдзо Абэ, премьер-министр Японии в 2012–2020 гг., снижал известность амбициозными целями, многие из которых, особенно во внешней и оборонной политике, не удалось достичь. Однако его энергетическая политика была подчеркнута осторожной. Основным фактором, который довлел над ней почти всё время его премьерства, оставалась авария на АЭС «Фукусима-1» (март 2011 г.) и подготовка к восстановлению японской атомной энергетики (включая преодоление негативных общественных настроений).

В сентябре 2020 г., после неожиданной отставки С. Абэ, новым главой правящей Либерально-демократической партии и соответственно премьер-министром Японии стал его ближайший соратник Ёсихидэ Суга. Полномочия Суга на обоих постах истекают осенью 2021 г., когда пройдут очередные парламентские выборы (результат которых более-менее предreshen) и выборы главы ЛДП (итоги которых далеко не столь очевидны, учитывая невысокую популярность Ё. Суга).

Япония – страна с высококонцентрированной политической системой. В ней, в частности, отсутствуют в явном виде идеологические течения и существенные противоречия по вопросам внешнеполитического позиционирования, включая отношения с Россией. Вместе с тем энергетические вопросы остаются темой для дискуссий. Одна из традиционных тем для них – роль атомной энергетики в рамках низкоуглеродного развития. Ёсихидэ Суга, как и его предшественник, известен как убежденный сторонник запуска АЭС, отменяющих новым стандартам националь-

ного комитета по контролю за атомной энергетикой. Вместе с тем при обновлении стратегии «зеленого роста» в июне 2021 г. формулировки, связанные с долгосрочной ролью АЭС, стали более осторожными.

Существенные споры ведутся также вокруг введения в Японии специального налога и создания системы торговли квотами на выбросы CO₂ по европейскому образцу (в дополнении к действующему налогу на нефть, газ и уголь, введенному в октябре 2012 г.). Окончательное решение планируется принять до конца 2021 года.

Министерство экономики, торговли и промышленности, влиятельная Японская деловая федерация Keidanren и Японская торгово-промышленная палата полагают, что торговля квотами может привести к дополнительным издержкам бизнеса и снижению его международной конкурентоспособности. Министерство окружающей среды, напротив, настаивает на неизбежности данной меры для стимулирования (монетизации) снижения выбросов.

В августе 2021 г. METI объявило о запуске пробной (демонстрационной) торговли квотами уже в следующем финансовом году (наступающем в апреле 2022 г.).

Следует отметить, что, начиная с мая 2018 г., в Японии существует рынок сертификатов на энергию, полученную без использования ископаемых видов топлива (на основе ВИЭ).

Конвейер на заводе Toyota

Источник: pressroom.toyota.com



Япония планирует отказаться от продаж машин с ДВС к 2035 г.

Источник: life.ru

Переработка углерода

К особенностям низкоуглеродной стратегии Японии можно отнести большое внимание к полезному использованию выбросов углерода (CO₂) в качестве промышленного сырья или синтетического топлива (безуглеродного топлива, получаемого путем синтеза CO₂ и водорода). При этом перспективным считается направление прямого улавливания CO₂ из атмосферы. Следует отметить, что речь идет не только о крупных проектах, но и о вовлечении в использование углекислого газа малых и средних предприятий, поскольку предполагается внедрение и популяризация технологий улавливания и переработки CO₂ в как можно большем количестве областей. В этой связи особое внимание уделяется необходимости снижения затрат на извлечение и утилизацию CO₂ с тем, чтобы добиться их экономической эффективности даже для малого бизнеса.

Первая дорожная карта по технологиям переработки углерода была разработана правительством Японии в июне 2019 г. при активном участии японских компаний и научного сообщества. 26 июля 2021 г. была опубликована ее обновленная версия⁴. Документ содержит подробный перечень соответствующих технологий.

В первоначальном варианте предполагалось, что к 2030 г. удастся перейти к широкому внедрению углеродных про-

дуктов, не требующих использования водорода и обладающих высокой добавленной стоимостью; а к 2050 г. – прочих продуктов общего назначения. В новой версии документа последний срок был сдвинут на 2040 год.

Япония планирует развивать соответствующие технологии в тесной кооперации с другими странами. В частности, меморандумы о сотрудничестве в этой сфере ранее были подписаны с США, Австралией и ОАЭ.

Электромобили

Стратегия «зеленого роста» включает в себя запрет к 2035 г. продажи автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (за исключением гибридных). По данным ассоциации автопроизводителей Японии, по итогам доковидного 2019 года, на электромобили и гибриды пришлось уже около 35 % продаж новых автомобилей.

Согласно проекту Шестого энергетического плана, правительство Японии рассчитывает, что и в сфере грузового коммерческого транспорта (массой меньше 8 т) к 2035 г. не менее 20–30 % новых продаж придется на чистые и гибридные электромобили, включая транспортные средства на топливных элементах.

По нашей оценке, у правительства Японии есть основания поддерживать в долгосрочной перспективе использование гибридных автомобилей, поскольку полная остановка производства бензиновых двигателей негативно скажется на автомобильной промышленности страны, особенно на небольших заводах и поставщиках запчастей. Стремление поддержать внутренних производителей (как на внутреннем, так и, что не менее важно, на экспортных рынках) будет, по всей видимости, опреде-

К особенностям низкоуглеродной стратегии Японии можно отнести большое внимание к полезному использованию выбросов CO₂ в качестве промышленного сырья или синтетического топлива

ляющим фактором в выборе темпов и мер декарбонизации автомобильного рынка.

Субсидирование ВИЭ

В 2020 г. в Японии началось постепенное смягчение политики субсидирования ВИЭ: вместо «зеленых» тарифов с фиксированными ценами на кВт·ч, введенных в 2012 г., был предложен механизм зеленых премий. Он также подразумевает для ВИЭ надбавку к рыночной цене электроэнергии, однако предполагается, что она будет определяться не регулятором, а путем торгов на основе баланса спроса и предложения.

Изменение политики связано не только со снижением издержек солнечных и ветровых электростанций, но и с растущим масштабом отрасли. По оценке IRENA, суммарные установленные мощности ВИЭ в Японии достигли в 2020 г. 123,3 ГВт против 55,8 ГВт в 2010 г. По этому показателю Япония занимает 6-е место в мире после КНР, США, Бразилии, Индии и Германии. При этом по установленной мощности солнечной генерации (70 ГВт) страна устойчиво занимает 3-е место, уступая только Китаю и США.

В результате, если в 2012 г. суммарные затраты потребителей на ВИЭ составляли, по оценке ANRE, 250 млрд иен, то в 2020 финансовом году они достигли уже 3,8 трлн

Стратегия Японии предполагает запрет к 2035 г. продаж автомобилей с ДВС за исключением гибридных. Но уже в 2019 г. на электромобили и гибриды пришлось около 35 % продаж новых машин

иен, а средняя надбавка на кВт·ч возросла за это время с 0,22 иен до 2,98 иен.

Стратегия «зеленого роста» предполагает, что к 2050 г. на ВИЭ будет приходиться уже 50–60 % производства электроэнергии, еще около 10 % будет вырабатываться за счет водорода и аммиака. Помимо них, сохранится атомная генерация и тепловая генерация на основе утилизации CO₂.

Финансирование декарбонизации

В стратегии «зеленого роста» подчеркнута много места уделяется вопросам финансирования низкоуглеродных проектов и обеспечению их коммерческой рентабельности. Разработку и внедрение ка-

Рис. 3. Изменение прогноза потребления первичной энергии в Японии в сценарии заявленной политики МЭА

Источник:

автор по данным МЭА (WEO 2018–2020)

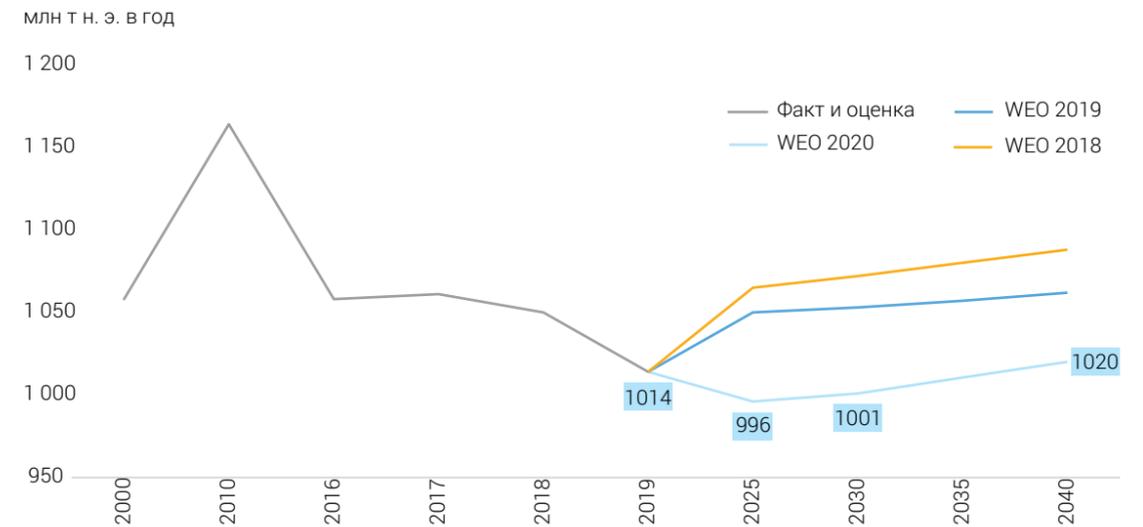
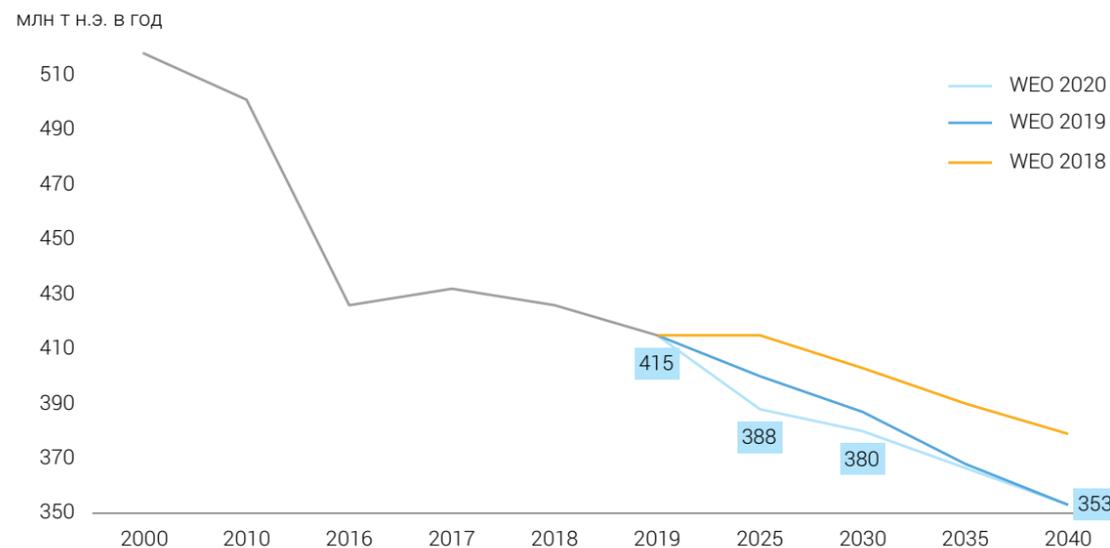


Рис. 4. Изменение прогноза потребления электроэнергии в Японии в сценарии заявленной политики МЭА

Источник:

автор по данным МЭА (WEO 2018–2020)

ждой из указанных в таблице 2 технологий предполагается осуществлять в несколько последовательных этапов на основе индивидуального графика:

- исследования и разработка (финансирование за счет государственного фонда и частных инвестиций);
- демонстрационный этап (частно-государственное партнерство с упором на стимулирование частных инвестиций);
- внедрение и переход к массовому производству (обеспечение спроса за счет государственных закупок, эффективного регулирования и стандартизации);
- независимая коммерциализация (без государственной поддержки).

4 декабря 2020 г. Ёсихидэ Суга объявил о создании «зеленого» фонда в раз-

мере 2 трлн иен (19,2 млрд долларов, по курсу на момент заявления), направленного на поддержку в 2020-е гг. проектов в области «зеленой» энергетики, при этом эта мера была анонсирована в рамках усилий, нацеленных на преодоление последствий пандемии COVID-19. Среди указанных проектов особенно подчеркивается разработка оборудования для промышленного производства водорода в качестве источника энергии. Помимо прямых дотаций, предусматривается выделение налоговых льгот в суммарном объеме до 15 млрд долларов.

В государственном бюджете на 2022 финансовый год (в Японии он длится с 1 апреля по 31 марта), руководящие принципы которого были утверждены в июле 2021 г., на цели низкоуглеродного и «зеленого» развития предполагается выделить 4,4 трлн иен (40 млрд долларов), что составляет более 4 % всех бюджетных расходов.

В мае 2021 г. METI совместно с министерством окружающей среды и Агентством финансовых услуг Японии разработало и утвердило Основные руководящие принципы финансирования климатического перехода⁵. В июле 2021 г. METI одобрило первый типовой проект, пригодный для подобного финансирования: специализированные бонды NYK Line. Сбор заявок на образцовые модели проектов продолжится до января 2022 года.

План Японии предусматривает увеличение доли собственной нефти, добытой в иностранных проектах, в общем объеме импорта углеводородов до 50 % к 2030 г., хотя ранее предполагалось снижение

Внешнеэкономическое измерение

Стратегия «зеленого роста» предполагает существенные изменения не только внутренней, но и внешней энергетической политики. Если ранее последняя была направлена, в основном, на обеспечение энергетической безопасности Японии, то теперь при ее проведении планируется учитывать также соответствие климатическим целям. Однако, как это будет осуществляться на практике, пока не вполне ясно.

При этом, проблемы энергетической безопасности, на наш взгляд, будут по-прежнему превалировать. По оценке



Япония продолжает увеличивать импорт СПГ
Источник: eastasiaforum.org

ANRE на 2018 г., уровень энергетической самообеспеченности Японии поднялся лишь до 11,8 % («дно» было достигнуто в 2014 г. – 6,4 %) против 20,3 % в 2010 г. (до остановки атомной энергетики). Это самый низкий показатель среди всех крупных экономически развитых стран (в соседней Республике Корея он составляет 16 %). К 2030 г., до обнародования в апреле 2021 г. новой углеродной цели, планировалось поднять его до 24 %. Согласно проекту Шестого энергетического плана, возможен его рост уже до 30 %.

Шестой план предусматривает увеличение доли собственной добычи (пропорциональной участию японских компаний в акционером капитале) в общем объеме

импорта нефти и газа до 50 % к 2030 г. (до этого целевым показателем было 40 %) и до 60 % – к 2040 г. Это весьма радикальное изменение предыдущей стратегии, поскольку ранее предполагалось, что этот показатель будет быстро снижаться после 2030 г. в силу сжатия внутреннего спроса на углеводороды и смещения инвестиционных приоритетов японских компаний. В частности, к 2040 г. он мог упасть до 32 %. Такое изменение может говорить о признании долгосрочной важности нефти и газа в рамках новой энергетической стратегии Японии.

Одним из возможных стимулов к пересмотру политики в этой сфере стал кризис, случившийся с поставками СПГ в январе 2021 г., когда на фоне высокого спроса и дефицита СПГ в Японии спотовые цены на него оказались даже выше, чем после аварии на Фукусиме-1. В апреле 2021 г. государственная компания JOGMEC заявила о том, что усилит финансовую поддержку проектов по производству СПГ. В июне 2021 г. JOGMEC было разрешено также финансировать японские компании, участвующие в зарубежных перегрузочных и приемных терминалах СПГ. Ожидается, что такие проекты будут осуществляться преимущественно в странах Юго-Восточной и Южной Азии.

В 2019 финансовом году указанный показатель собственной добычи резко вырос – до 34,7 % против 29,4 % в 2018 г., благодаря запуску осенью 2018 г. нового австралийского СПГ-завода СПГ Ichthys LNG (суммарная доля японских компаний в нем превышает 67 %). Значение 2019 г. стало самым высоким с первого нефтяного шока 1973 г., когда правительство Японии начало вести подобный учет. Аналогичный показатель правительство планирует отслеживать и для новой отрасли производства водорода и аммиака в силу ее особой стратегической значимости и вероятности высокой зависимости от их импорта.

Доминирование вопросов энергетической безопасности нашло отражение и в действующей Международной ресурсной стратегии. Однако она была утверждена в марте 2020 г., еще до объявления о новых целях энергетической политики. Учитывая серьезный разворот в энергетической политике в 2020–2021 гг., нельзя исключать, что в перспективе государственные энергетические компании Японии, включая JOGMEC, могут начать выходить из зару-

бежных проектов с высоким углеродным следом (по аналогии с выходом в июле 2021 г. компаний TotalEnergies и Equinor из венесуэльской компании Petrocedeno, разрабатывающей месторождение тяжелой нефти в поясе реки Ориноко).

Существенную роль в перспективе может сыграть развитие международного рынка т. н. углеродных офсетов для импортируемых Японией энергоносителей, в частности постепенный переход Японии на преимущественные закупки углеродно-нейтрального или «зеленого» СПГ.

Стратегия «зеленого роста» не отменяет созданный в 2015 г. так называемый «совместный механизм кредитования» (JCM), нацеленный на поддержку за счет японских инвестиций низкоуглеродных проектов в развивающихся странах (снижение выбросов в третьих странах может быть учтено при расчете выбросов в самой Японии).

Вне прогнозного поля

Япония является энергетически насыщенным рынком с долгосрочной тенденцией к снижению потребления первичных источников энергии. Однако обозначенные в 2020–2021 гг. планы не соотносятся с ранее проводимой энергетической политикой страны. Так, в прогнозе 2017 г. Японско-го института энергетической экономики

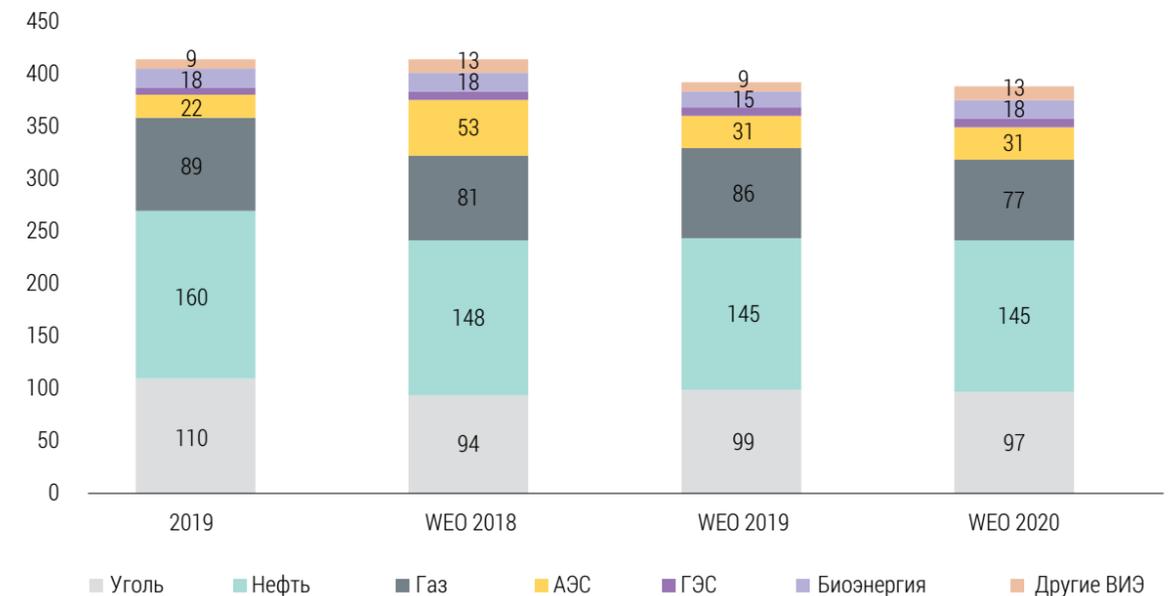
Кризис с поставками СПГ в январе 2021 г., когда спотовые цены оказались даже выше, чем после аварии на Фукусиме, заставил государственную JOGMEC усилить финансовую поддержку проектов СПГ

к 2050 г. потребление энергии в Японии должно было снизиться на 39 млн т н. э. к уровню 2015 г., при этом не предполагалось заметного уменьшения антропогенных выбросов парниковых газов: их сокращение к 2050 г. оценивалось лишь в –0,7 %. Оценки Международного энергетического агентства (МЭА) того времени в целом подтверждали указанные тенденции.

В последнем международном прогнозе, выпущенном в октябре 2020 г. (далее – WEO-2020), еще до заявления Ё. Суга о стремлении достичь нулевых выбросов к 2050 г., МЭА сохраняло свою оценку 2019 г. в отношении потребления первичных источников энергии в Японии к 2040 г. (–15 % к 2019 г.), но снизило про-

Рис. 5. Структура потребления первичной энергии в Японии в сценарии заявленной политики МЭА

Источник:
автор по данным МЭА (WEO-2020)



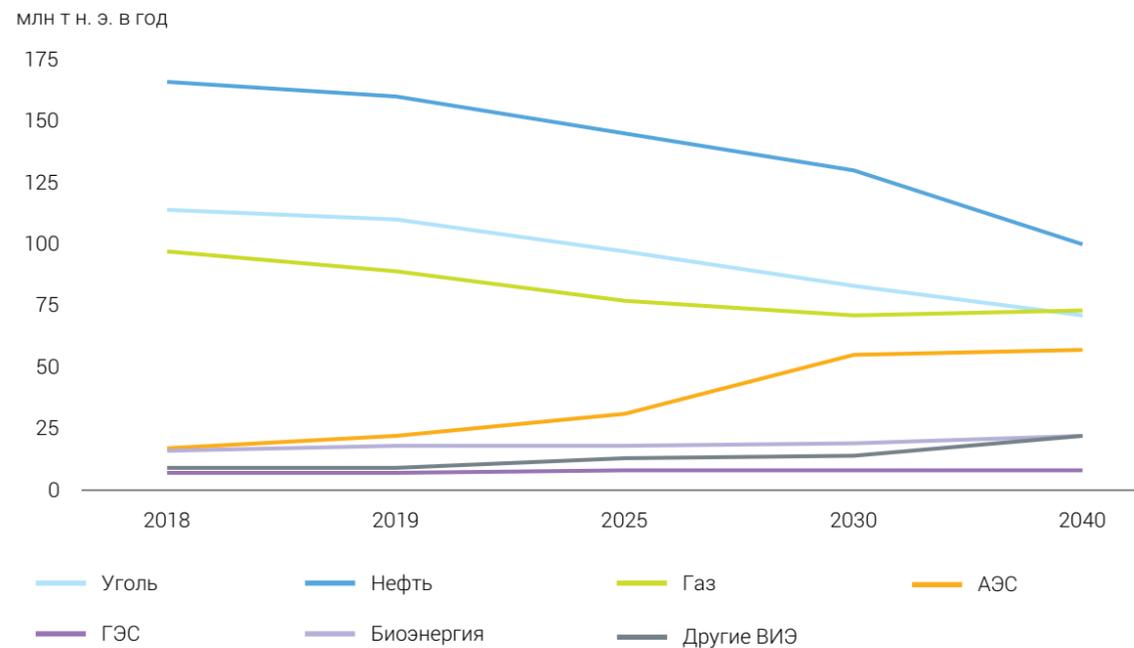


Рис. 6. Динамика потребления различных ПЭР в Японии в сценарии заявленной политики МЭА

Источник:
автор по данным МЭА (WEO-2020)

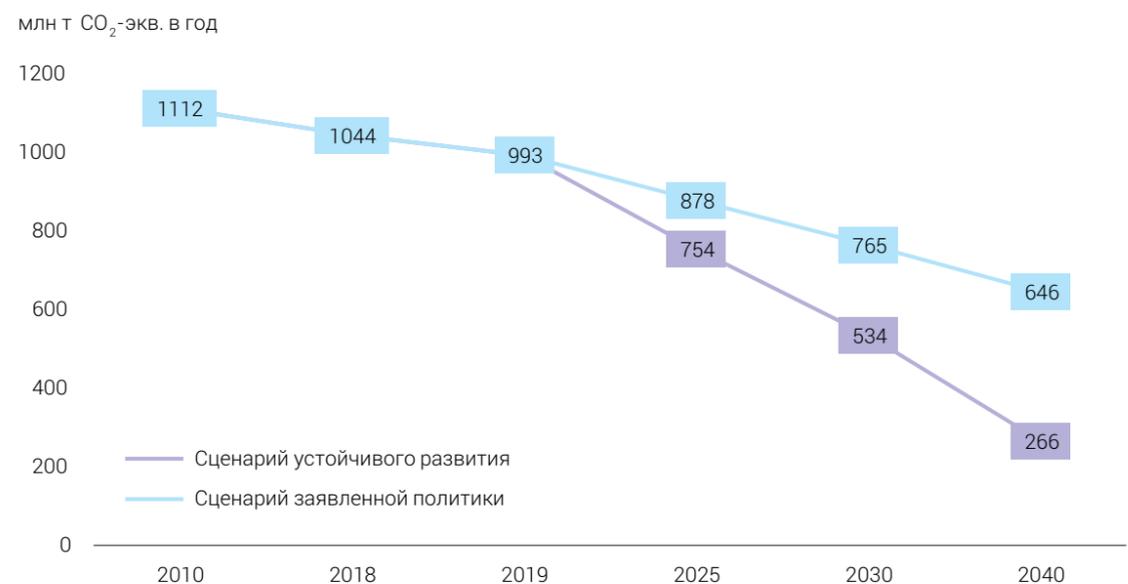


Рис. 7. Прогноз эмиссии парниковых газов в Японии от всех энергетических источников

Источник:
автор по данным МЭА (WEO-2020)

гноз потребления в 2025 и в 2030 гг. – на 12 и 7 млн т н. э. в год соответственно (данные на 2035 г. в WEO-2020 не приведены). Основное снижение должно обеспечить сокращение спроса на газ и биоэнергию, что обусловлено ожидаемым снижением в 2020–2025 гг. электропотребления: МЭА отказалось от господствовавшей ранее концепции умеренного роста спроса на электроэнергию в Японии. По новому прогнозу, фактически ожидается его стагнация: к 2040 г. спрос останется на уровне чуть выше 2019 г. и существенно ниже 2018 г. Текущее потребление элек-

в 2019 г. до 16,1 % к 2040 г., а в абсолютном выражении прирост составит 2,6 раза.

Реализация указанного сценария явно не удовлетворяет цели, заявленной Ёсихидэ Суга.

К 2040 г. он может обеспечить снижение эмиссии лишь на 35 %. Однако данной цели соответствует директивный сценарий устойчивого развития МЭА (не имеющий, по нашей оценке, реального экономического обоснования), предполагающий сокращение к 2040 г. эмиссии в Японии на 73,2 %, включая фактически обнуление выбросов от угольной и нефтяной генерации и четы-

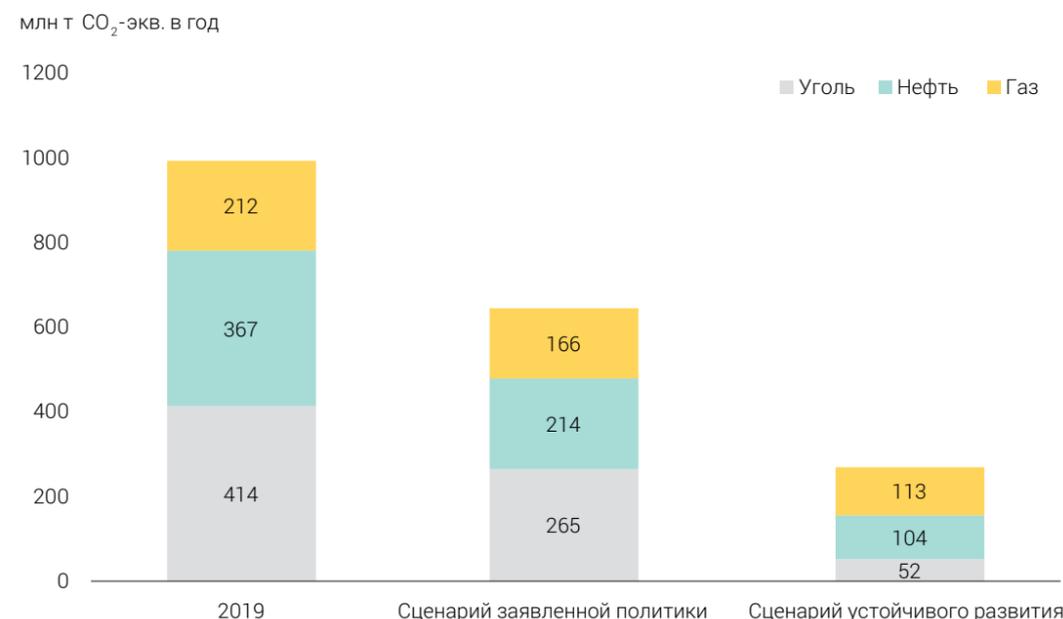


Рис. 8. Прогноз эмиссии парниковых газов в Японии в 2040 г. по основным энергетическим источникам

Источник:
автор по данным МЭА (WEO-2020)

троэнергии в Японии близко по величине к российскому.

В целом, МЭА придерживается характерной для него линии на постепенное снижение прогноза потребления первичных энергоресурсов. При этом агентство исходит из сохранения в Японии весьма консервативной структуры потребления. Доля ископаемых видов топлива (уголь, нефть, газ) должна снизиться с 86,5 % в 2019 г. до 74,7 % к 2030 г. и до 69,1 % к 2040 г.

При этом основным источником замещения выступают не ВИЭ (как в большинстве других стран), а возобновление атомной генерации. Ее доля, как ожидается, вырастет с 5,3 %

рехкратное снижение выбросов от использования нефтепродуктов на транспорте.

Данный сценарий предполагает, что уже в 2025 г. общее потребление первичных энергоресурсов должно снизиться на 6,5 % к 2019 г. (аналогичное снижение должно произойти и в электропотреблении), в том числе угля – на –33,6 %, нефти – на –15,6 %, газа – на –9 %. В 2026–2030 гг. потребление газа стабилизируется и будет даже выше, чем в сценарии заявленной политики, и основное снижение придется на уголь. Потребление нефти должно падать примерно одинаковыми темпами и в 2020-е, и в 2030-е гг.

Существенную роль в перспективе может сыграть развитие мирового рынка углеродных офсетов для импортируемых Японией энергоносителей, в частности переход на закупки «зеленого» СПГ

Таким образом, данный сценарий является депрессивным для спроса на уголь и нефть, но относительно благоприятным для газа и оптимистичным для атомной генерации: к 2040 г. она должна покрыть 23,9 % внутреннего потребления первичных энергоресурсов и 42,4 % потребления электроэнергии (против 32,2 % на пике в 2010 г.). Впрочем, в абсолютном выражении атомная генерация, согласно МЭА, так и не сможет достичь своего уровня до 2011 года.

Значительным преимуществом АЭС в Японии по сравнению с ВИЭ является отсутствие необходимости в масштабном обновлении их основных фондов после

проведенной в 2010-е гг. модернизации. Наибольший объем ввода новых генерирующих мощностей необходим в солнечной и ветровой генерации, что в результате должно обеспечить двукратное увеличение потребления новых ВИЭ по сравнению со сценарием заявленной политики.

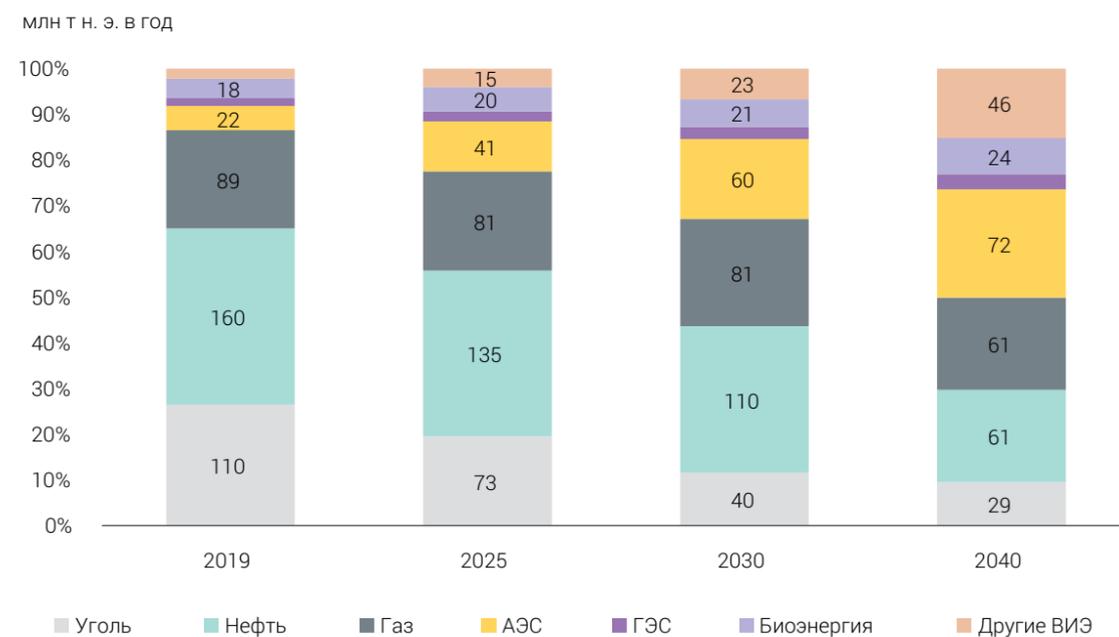
В целом, движение Японии в сторону реализации сценария устойчивого развития МЭА (отвечающего, по нашей предварительной оценке, заявленной цели перехода к углеродной нейтральности в 2050 г.) требует в ближайшие годы, в том числе уже в 2021 г., существенного изменения энергетической политики Японии в сторону:

- «зеленого света» (активного поощрения) для атомной генерации, вопреки неоднозначному общественному мнению в отношении целесообразности и масштаба ее восстановления;
- дополнительного стимулирования развития ВИЭ, особенно ввода новых мощностей солнечных и ветровых электростанций с учетом необходимости снижения удельных затрат (одних из наиболее высоких в мире, что принято объяснять повышенными требованиями к безопасности и высокими затратами на фонд оплаты труда);

Рис. 9. Структура потребления первичных источников энергии в Японии в сценарии устойчивого развития МЭА

Источник:

автор по данным МЭА (WEO-2020)



проведенной в 2010-е гг. модернизации. Наибольший объем ввода новых генерирующих мощностей необходим в солнечной и ветровой генерации, что в результате должно обеспечить двукратное увеличение потребления новых ВИЭ по сравнению со сценарием заявленной политики.

В целом, движение Японии в сторону реализации сценария устойчивого развития МЭА (отвечающего, по нашей предварительной оценке, заявленной цели перехода к углеродной нейтральности в 2050 г.) требует в ближайшие годы, в том числе уже в 2021 г., существенного изменения энергетической политики Японии в сторону:

- «зеленого света» (активного поощрения) для атомной генерации, вопреки неоднозначному общественному мнению в отношении целесообразности и масштаба ее восстановления;
- дополнительного стимулирования развития ВИЭ, особенно ввода новых мощностей солнечных и ветровых электростанций с учетом необходимости снижения удельных затрат (одних из наиболее высоких в мире, что принято объяснять повышенными требованиями к безопасности и высокими затратами на фонд оплаты труда);

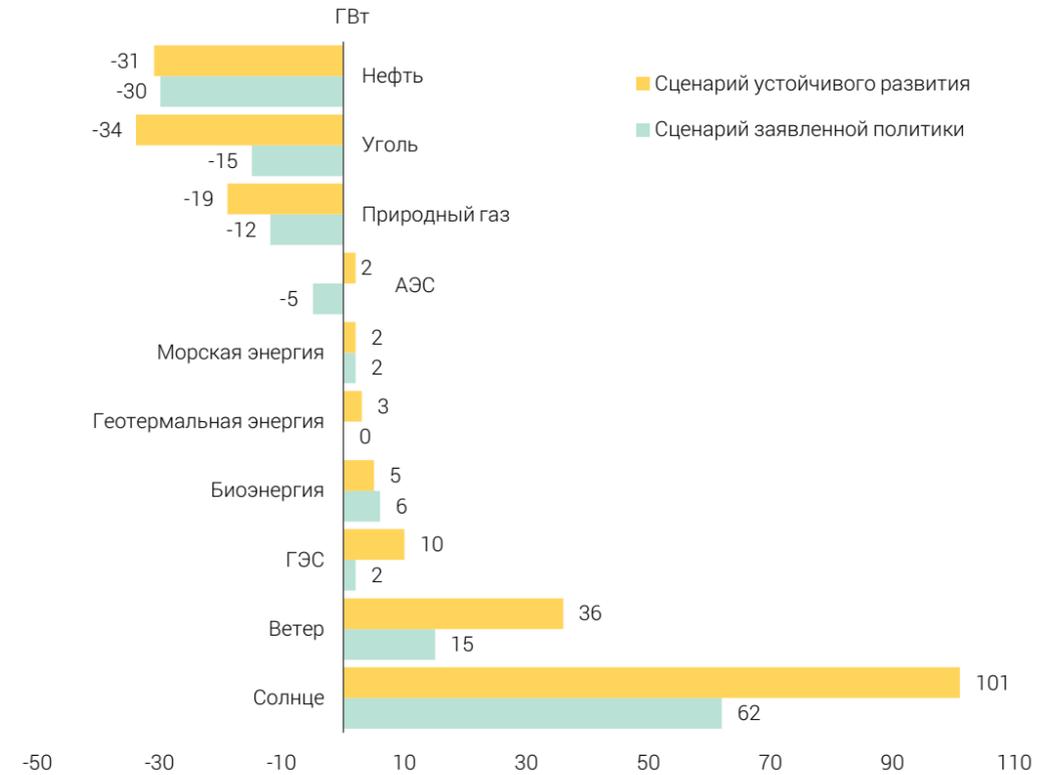


Рис. 10. Ввод/вывод в Японии электрогенерирующих мощностей по основным типам генерации, 2040 г. к 2019 г.

Источник:

автор по данным МЭА (WEO-2020)

- стимулирования развития производства и спроса на электромобили (преимущественно «чистые»);
- реализации дополнительных программ энергосбережения;
- инвестиции в разработку промышленных накопителей энергии и технологии улавливания и захоронения CO₂.

Достижение рассматриваемой цели, по всей видимости, не предусматривает масштабное развитие в Японии промышленной добычи газовых гидратов, и, вероятно, даже противоречит ему.

Вместе с тем достижение Японией углеродной нейтральности не означает обнуление потребления и импорта углеводородов. Можно ожидать, в частности, сохранения к 2050 г. существенного объема импорта СПГ, необходимого, в том числе, для производства «голубого» водорода (доля водорода и аммиака может достигнуть, по оценке METI, 10 % в энергобалансе, а его импорт – 5–10 млн т в год), а также для сохранения тепловой электрогенерации. При этом объем потребления газа и угля будет в решающей степени зависеть от широкого внедрения технологий CCUS, а также от развития отрасли переработки углерода.

Использованные источники

1. Официальная публикация в редакции от 18.06.2021 (доступна только на японском языке). URL: <https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>
2. Официальный текст на английском языке. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic_plan/5th/pdf/strategic_energy_plan.pdf
3. Список компаний (доступен только на японском языке). URL: <https://www.meti.go.jp/press/2020/10/20201009002/20201009002-2.pdf>
4. Официальная публикация (доступна только на японском языке). URL: <https://www.meti.go.jp/press/2021/07/20210726007/20210726007.pdf>
5. Версия документа на английском языке. URL: https://www.meti.go.jp/english/press/2021/pdf/0507_001a.pdf

Энергетическая политика Турции на современном этапе

Turkey's energy policy at the present stage

Елена ТЕЛЕГИНА
Член-корреспондент РАН,
профессор, д. э. н.
e-mail: telegina.engin@gmail.com

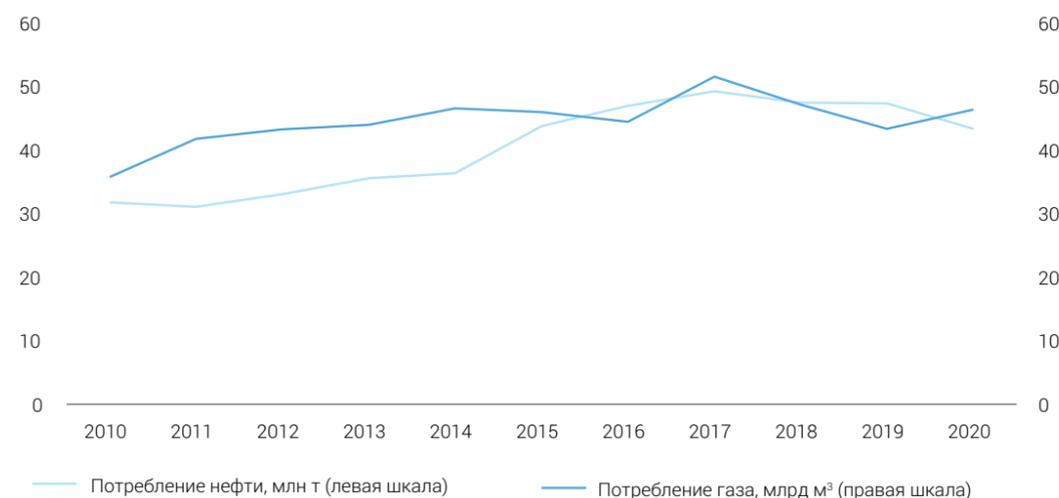
Elena TELEGINA
Corresponding Member of Russian Academy
of Sciences, Dr. Sci.Econ., Professor
e-mail: telegina.engin@gmail.com

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

Gul'nar KHALOVA
Dr. Sci. Econ., Professor Gubkin
Russian State University of Oil and Gas
e-mail: khalovag@yandex.ru

Рис. 1. Потребление углеводородов в Турции в 2010–2020 гг.

Источник: [3]



Аннотация. В статье рассматривается возрастающая роль Турецкой Республики как одного из ключевых транспортных коридоров поставок углеводородных ресурсов из России, Азербайджана, стран Центрально-Азиатского региона, государств Ближневосточного региона в страны Южной Европы. Анализируется углеводородный потенциал Турции. Особая роль в исследовании отводится освещению внешнеполитических проблем страны, которые негативно сказываются на развитии ее энергетического потенциала. Авторами определено, что эффективное использование географического положения государства постепенно превращает Турцию в газовый хаб транспортного коридора поставок углеводородных ресурсов в страны Южной Европы. В дальнейшем это будет способствовать росту социально-экономического развития Республики Турция.

Ключевые слова: транзит углеводородов, нефтегазовый потенциал, геополитические риски, международные энергетические отношения, Турция.

Abstract. The article examines the growing role of the Republic of Turkey as one of the key transport corridors for the supply of hydrocarbon resources from Russia, Azerbaijan, the countries of the Central Asian region, the states of the Middle East region to the countries of Southern Europe. The hydrocarbon potential of the Turkish Republic is analyzed. A special role in the study is assigned to highlighting Turkey's foreign policy problems, which negatively affect the development of the country's energy potential. The authors determined that the effective use of the geographic location of the state is gradually turning Turkey into a gas hub of the transit corridor for the supply of hydrocarbon resources to the countries of Southern Europe. In the future, this will contribute to the growth of the socio-economic development of the Republic of Turkey.

Keywords: transit of hydrocarbons, oil and gas potential, geopolitical risks, international energy relations, Turkey.



У руководства Турции имеются разногласия практически со всеми государствами, граничащими на побережье восточной части Средиземного моря

Турция является одним из крупнейших и быстроразвивающихся энергетических центров на Евразийском континенте (рис. 1).

Страна не обладает значительными запасами углеводородов, потребности республики в углеводородном сырье растут и обеспечиваются в основном импортом. В связи с чем, растет и зависимость от внешних поставщиков, которую

руководство страны планирует снизить. В Турции в 2008 г. была принята программа «Энергетическое видение 2023», основной упор в которой сделан на использование собственных угольных ресурсов, а также на развитие возобновляемых источников энергии.

Руководство Турецкой Республики также не оставляет попыток в поиске новых запасов углеводородов на собственной территории. Основные усилия в энергетической отрасли направлены на поиск углеводородов на шельфе Средиземного и Черного морей. Так, в августе 2020 г. было объявлено об успешном проведении геологоразведочных работ, в ходе которых открыто месторождение Сакарья с предполагаемыми запасами около 320 млрд кубометров. Начало эксплуатации месторождения запланировано на 2023 г., а уже к 2026 г. ожидается, что добыча достигнет промышленного объема в 15 млрд кубометров (рис. 2).

Турецкое правительство заявило, что открытие и дальнейшая эксплуатация данного месторождения позволит значительно снизить зависимость от внешних поставок природных ресурсов. Однако проведение



Рис. 2. Месторождение Сакарья

Источник: [5]

геологоразведочных работ, а также дальнейшая эксплуатация скважин сталкивается с проблемами, связанными с неурегулированными территориальными спорами Турции с Грецией и Кипром.

В конце 2019 г. между Турцией и Ливией был подписан меморандум о разграничении морских зон между странами, что привело к изменению исключительной экономической зоны Турции и границ шельфа в Восточном Средиземноморье (рис. 3).

Однако подписание меморандума вызвало негативную реакцию Греции и Кипра. События, связанные с активным проведе-

нием геологоразведочных работ Турцией на шельфе Средиземного моря и попытки изменения морских границ в этом районе, нарушают права третьих стран, что привело к протестным настроениям в соседних государствах. На ближайшем саммите стран Евросоюза в декабре 2019 г. было принято решение о том, что меморандум между Турцией и Ливией, закрепляющий делимитацию морских юрисдикций в Средиземном море, нарушает суверенные права третьих стран, морское право, и впредь не может нести никаких последствий для третьих стран.

Рис. 3. Границы континентального шельфа Турции в Восточном Средиземноморье

Источник: [1]



Очевидно, дальнейшее развитие энергетического потенциала Турции в полной мере зависит от того, как страна урегулирует данные территориальные споры.

Отметим, что у руководства страны имеются внешнеполитические разногласия практически со всеми государствами, граничащими на побережье восточной части Средиземного моря. Некоторые страны, такие как Израиль, Египет, Греция и Южный Кипр предприняли усилия по формированию энергетического блока стран Восточного Средиземноморья.

В начале осени 2020 г. Греция, Кипр, Египет, Израиль, Италия, Палестина и Иордания создали газовый форум Вос-

Вместе с тем страна обладает значительным потенциалом в транспортировке углеводородов в страны Европы, который начал активно реализовываться уже с начала 2010-х гг. С тех пор, прокладывая трубопроводы по своей территории, Турция постепенно увеличивает объемы транзита углеводородов в страны Южной Европы из России, Прикаспийских государств, а также стран Ближнего Востока через свою территорию (рис. 4).

На сегодняшний день Турция является одним из ключевых транзитных коридоров поставок нефти и газа. По территории государства проходят несколько магистральных нефтепроводов:



Рис. 4. Основные транзитные нефте- и газопроводы на территории Турции

Источник: [7]

точного Средиземноморья. Данный форум направлен в первую очередь на обеспечение экспорта углеводородов странами восточной части Средиземного моря, а также на противодействие агрессивной экспансии Турции в регионе.

Отметим, что и гражданская война в Сирии, обладающей наиболее протяженной границей с Турецкой Республикой, также внесла свои риски перспективам реализации нефтегазового потенциала турецких проектов на восточной части Средиземного моря¹.

¹ Даже такой крупный партнер Турции как Катар, все же больший интерес проявляет к газовым проектам Восточного Средиземноморья, участвуя в исследованиях в данных странах.

1. Киркук – Джейхан (крупнейший магистральный нефтяной трубопровод, соединяющий Киркукское месторождение на территории Ирана с г. Джейхан в Турции). Строительство данного нефтепровода было закончено в 1977 г., и за прошедшие годы пропускная способность нефтепровода была увеличена более, чем в два раза, до 71 млн т нефти в год.
2. Джейхан – Кырыккала, проходящий по территории Турции из г. Джейхан в г. Кырыккала. Нефтепровод был введен в эксплуатацию в 1986 г., пропускная способность составля-

ет ежегодно порядка 7 млн т нефти. Данный нефтепровод был построен для поставок нефти на нефтеперерабатывающий завод в г. Кырыккала.

3. БТД (Баку – Тбилиси – Джейхан). Построенный в 2006 г. нефтепровод позволяет получать Турции нефть из Прикаспийского региона, в основном, из Азербайджана. Пропускная способность нефтепровода составляет ежегодно около 50 млн т нефти.

К крупным газопроводам, уже проходящим и планируемыми через территорию страны, можно отнести следующие:



Нефтепровод «Баку – Тбилиси – Джейхан»
Источник: iene.eu

1. Трансбалканский газопровод (проложен из России для поставок природного газа в Турцию, проходит по территории таких стран, как Украина, Молдавия, Румыния, Болгария). Строительство данного магистрального газового трубопровода было закончено в 1987 г., первые поставки начались в том же году. На сегодняшний день газопровод является одной из ключевых составляющих газопровода «Балканский поток», чья проектная мощность оценивается в ежегодные 15,8 млрд кубометров.
2. Тебриз – Догуб. В результате подписанного в 1997 г. соглашения между Турцией и Туркменистаном, была начата реализация проекта маги-

стрального газового трубопровода «Туркменистан – Иран – Турция – Европа», однако на сегодняшний день данный газопровод используется исключительно для поставок газа из Ирана.

3. Газопровод «Голубой поток». Является первым морским газовым трубопроводом из России в Турцию, эксплуатация которого началась в 2003 г. Пропускная способность газопровода составляет ежегодно порядка 16 млрд кубометров.
4. Южно-Кавказский газопровод (Баку – Тбилиси – Эрзурум). С середины лета 2007 г. по данному магистральному газопроводу были начаты поставки природного газа в Турцию. Пропускная способность данного газопровода составляет ежегодные 16 млрд кубометров газа.
5. Арабский газопровод, являющийся интерконнектором между Сирией и Турецкой Республикой. В эксплуатацию данный газопровод был введен в 2011 г., прогнозируемые объемы закупок природного газа турецкой стороной оценивались в 4 млрд кубометров газа ежегодно, однако на сегодняшний день данный газопровод практически не используется.
6. Трансанатолийский газопровод, проходящий по всей территории Турции и соединяющий Южно-Кавказский газопровод с Трансадриатическим газопроводом в западной части республики. Эксплуатация данного магистрального газового трубопровода началась в июне 2018 г., пропускная способность составляет ежегодно около 16 млрд кубометров газа, также является самым протяженным на территории Турции – 1841 км.
7. Газопровод «Турецкий поток». Эксплуатация данного газопровода началась в начале января 2020 г., он является вторым после «Голубого потока» морским газовым трубопроводом из России и крупнейшим по пропускной способности. Ежегодный объем поставок газа из России в Турцию по двум эксплуатирующимся ниткам газопровода может превышать 31 млрд кубометров.

Трубопроводы	Длина (км)		Емкость		Диаметр (см)	Насосная станция	Бак для хранения
	Турция	Общ.	млн т/год	млн барр./год			
Ирак – Турция НРВН	I. Линия	651	70,9	553	101,6	6	12
	II. Линия	652			116,84		
	Общ.	1303	1876				
Джейхан – Кырыккале		448	7,2	51	60,96	2	3
	Турция	Общий	50	50	365	86,36–106,68–116,84	4
Баку – Тбилиси – Джейхан	1076	1776	365		86,36–106,68–116,84	4	7

Таблица 1. Существующие магистральные нефтяные трубопроводы

Источник: [2]

Высокий уровень развития и разветвленности инфраструктуры поставок углеводородов на территории Турции способствует её превращению в газовый хаб транзитного коридора из России, стран Центрально-Азиатского региона, Ближневосточных стран в страны Южной Европы.

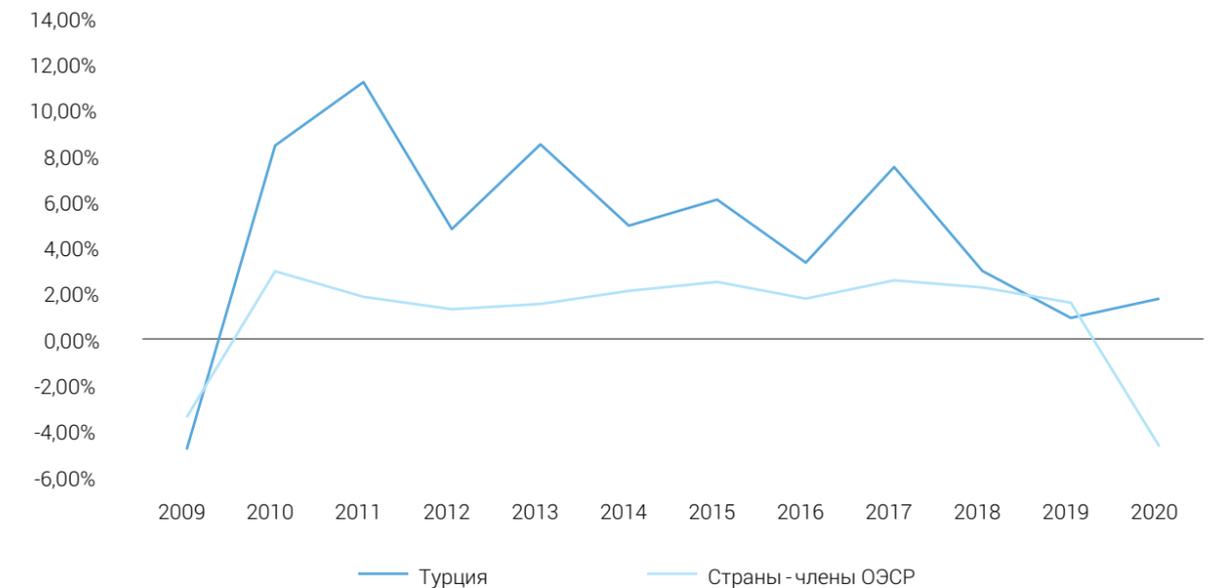
По сравнению со странами ОЭСР, Турецкая Республика показывает положительные экономические результаты и активно

наращивает объемы потребления энергии во многом благодаря развитию энергетики (рис. 5).

Благодаря развитию транзита, Турция постепенно усиливает свою роль на мировом энергетическом рынке. Однако у турецкого государства имеется достаточно трудностей с поиском партнеров в регионе, что негативно сказывается на экономическом положении страны.

Рис. 5. Темпы прироста ВВП Турции и стран-членов ОЭСР в 2009–2020 гг., в %

Источник: [4]





Угольная электростанция в Турции

Источник: kangaltermik.com.tr

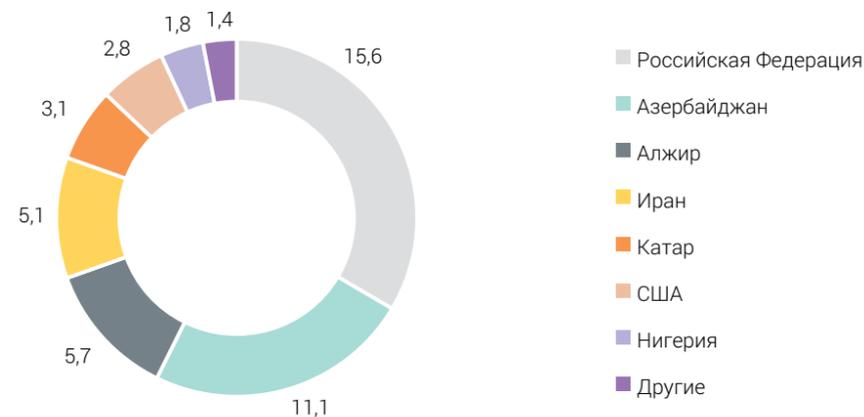
К данным проблемам можно отнести и трудные отношения с США и странами Европейского союза, которые ведут активное сотрудничество со странами восточной части Средиземного моря, где участие Турции исключено. И это при том, что ЕС является ведущим внешнеторговым партнером Турции. На сегодняшний день ЕС вложил в Турцию около 70 % прямых иностранных инвестиций.

Из-за ухудшения отношений с западными странами, для Турции становятся первостепенными развитие отношений с Россией и Китаем. Отношения с РФ в военной и энергетической областях активно развиваются.

На сегодняшний день, основная доля потребляемых углеводородов Турции импортируется из России. Так, по «Турецкому потоку» из России в Турцию может быть поставлено до 31,5 млрд кубометров ежегодно, при чем, половина из них идет на внутренний рынок Турции, а оставшаяся часть на её экспорт в страны Южной и Юго-Восточной Европы.

По данным на 2020 г. Россия занимает лидирующую позицию в поставках природного газа в Турцию – 15,6 млрд кубометров, следом идет Азербайджан с 11,1 млрд кубометров, Алжир – 5,7 млрд кубометров, Иран 5,1 млрд кубометров, Катар – 3,1 млрд кубометров, США – 2,8 млрд

Рис. 6. Основные поставщики природного газа в Турцию в 2020 г., в млрд кубометров



Источник: [3]

кубометров, Нигерия с 1,8 млрд кубометров и др. (рис. 6).

Очевидно, что РФ заинтересована не только в прибыли, получаемой от продажи сырья, но и в продвижении своих экономических интересов на Ближнем Востоке².

Следует отметить, что углеводородный потенциал Восточного Средиземноморья, способный снизить зависимость от поставок углеводородов из России как в Турцию, так и в страны Южной Европы, рассматривается руководством республики как альтернатива российскому газу [6].

В данном контексте интересна позиция Китая. КНР уже зарекомендовала себя как страна, обладающая значительными финансовыми ресурсами. Китайская Народная Республика активно ведет стратегическое инвестирование в энергетические проекты по всему миру, в том числе на территории Средиземноморских государств. Однако в целях сохранения отношений со всеми странами Восточного Средиземноморья Китай не ведет активную работу по турецким нефтегазовым проектам.

В этих условиях особое значение приобретает энергетическое сотрудничество в рамках Российская Федерация – Турецкая Республика – Европейский союз. Сильная зависимость участников данных отношений, их конфронтационные настроения требуют достижения стратегического компромисса. Несмотря на долгосрочную зависимость европейских стран от поставок энергетических ресурсов из Российской Федерации, события последних лет усложни-

² В ходе гражданской войны в Сирии усилился авторитет Российской Федерации в регионе.

Использованные источники

1. *Грядет война за шельф?* [Электронный ресурс]. – URL: <https://mpolika.livejournal.com/207424.html> (дата обращения: 16.07.2021).
2. *Национальная турецкая компания БОТАШ // Передача сырой нефти в Турции* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.botas.gov.tr/Sayfa/ham-petrol/13> (дата обращения: 15.04.2021).
3. *BP Statistical Review Of World Energy 2021* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf> (дата обращения: 31.05.2021).
4. *GDP growth (annual %)* [Электронный ресурс]. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?view=chart> (дата обращения: 18.07.2021).
5. *Google maps* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.google.com/maps/> (дата обращения: 05.07.2021).
6. *Gul'nar Osmanovna Khalova, Pavel Pavlovich Pilipenko, Elena Andreevna Isayeva, Alexander Emilovich Petkov. Russian South Gas Corridor prospects // International Journal of Energy Economics and Policy. 2020. № 10 (4). P. 494–499.*
7. *Turkey crisis: how will oil and gas supplies be affected?* [Электронный ресурс]. – URL: <https://theconversation.com/turkey-crisis-how-will-oil-and-gas-supplies-be-affected-63073> (дата обращения: 22.07.2021).

Высокий уровень развития инфраструктуры Турции способствует её превращению в газовый хаб транзитного коридора из России, Центральной Азии и Ближнего Востока в страны Южной Европы

ли взаимоотношения между Россией и ЕС, но не с Турцией, которая за последние годы только усиливает сотрудничество с Россией, что позволяет ей укрепить свое положение в отношении с Европейским союзом.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что Турция пытается вести сбалансированную внешнюю политику со странами Европейского союза с одной стороны, и в то же время с Россией с другой стороны, в число партнеров которой входят страны Ближневосточного региона, страны Центрально-Азиатского региона, а также Средиземноморья. Все это в полной мере может стать драйвером превращения Турции в газовый хаб транспортного коридора поставок углеводородных ресурсов в страны Южной Европы и привести к укреплению социально-экономического положения страны. В конечном счете это позволяет укреплять роль России как ведущего энергетического игрока на Евразийском континенте.



Тюмень, центр города

Источник: etosibir.ru

УДК 630.162.5

DOI 10.46920/2409-5516_2021_9163_50

Декарбонизация по-сибирски Siberian decarbonization

Андрей ТОЛСТИКОВ
Первый проректор ТюмГУ, к. б. н.
e-mail: fatinanatalia@yandex.ru

Andrey TOLSTIKOV
First Vice-Rector of Tyumen State University, Ph.D.
e-mail: fatinanatalia@yandex.ru

Здание Тюменской областной думы

Источник: Aikon2010 / Depositphotos.com



Аннотация. Статья раскрывает участие Тюменской области в общемировых процессах по декарбонизации экономики. Автор рассматривает планы региона по созданию карбонового полигона для изучения поглощающей способности сибирских лесов и отработки технологий по утилизации CO₂.

Ключевые слова: декарбонизация, Тюменская область, карбоновые полигоны, поглощающая способность лесов.

Abstract. The article reveals the participation of the Tyumen region in the global processes of decarbonization of the economy. The author examines the plans of the region to create a carbon polygon to study the absorptive capacity of Siberian forests and develop technologies for the utilization of CO₂.

Keywords: decarbonization, Tyumen region, carbonic polygons, absorption capacity of forests.

//

Тюменский карбоновый полигон охватит наиболее характерные для региона типы экосистем: различные виды леса, озера, болота, а также агроценоз



Проект Карбонового полигона
Источник: mizo-chr.ru

В последнее время экологическая повестка компаний и государств становится все менее формальной. Страны ищут реальные решения для минимизации углеродного следа, компании разрабатывают корпоративные программы социальной ответственности. В России начали создавать карбоновые полигоны, и Тюменская область – один из пилотных регионов, где будет реализован подобный проект. Научные институты области уже подписали первое практическое соглашение по его созданию.

Процессы глобального изменения климата уже являются общепризнанным фактом. По данным экспертов, за минувшее десятилетие только в России прирост температуры составил 0,51 °С – в два с небольшим раза больше среднемирового по-

казателя. Очевидно, что этот тренд будет нарастать. А это, в свою очередь, может привести к катастрофическим последствиям.

Одной из причин глобального потепления экологи называют выбросы парниковых газов. При этом основная часть промышленных выбросов – свыше 85 % – приходится на топливно-энергетический комплекс.

Для снижения темпов климатических изменений на XXI Конференции сторон по изменению климата принято Парижское соглашение, предусматривающее сдерживание процессов потепления государствами в идеале на уровне +1,5 °С или хотя бы +2 °С к 2050 году.



Наблюдение за поглощающей способностью лесов в карбоновых полигонах будет вестись с помощью дронов

Источник: cdnimg.rg.ru

Объем мирового рынка торговли карбоновыми квотами оценивается в 100 млрд долларов. К 2030 году ожидается его многократный рост, что сделает карбоновую отрасль одной из ведущих в мировой экономике.

Сегодня работа над технологиями декарбонизации российского производства – приоритетная государственная задача, решение которой возможно только в эффективной кооперации власти, науки и бизнеса. Один из первоочередных вопросов – научное обоснование доли экосистем России в планетарном поглощении углекислого и других парниковых газов и обеспечение эффективного контроля за углерод-

ным балансом. Этой цели служит проект Министерства науки и высшего образования России по созданию сети карбоновых станций и полигонов, который был запущен в феврале 2021 года. Их цель – разработка и испытание технологий контроля углеродного баланса.

В первый год реализации проекта карбоновые полигоны будут созданы в семи регионах: это Чеченская Республика, Краснодарский край, Калининградская, Новосибирская, Сахалинская, Свердловская и Тюменская области. Позже к этим регионам присоединился Татарстан. Всего на территории России планируется создать свыше 80 карбоновых полигонов.

На этих территориях будет проводиться как научно-практическая, так и образовательная деятельность. Реализация проекта по созданию карбоновых полигонов соответствует Национальному плану мероприятий адаптации к изменениям климата на период до 2022 года, утвержденному Правительством РФ в декабре 2019 года.

Министр науки и высшего образования РФ Валерий Фальков во время недавней онлайн-конференции, посвященной программе развития карбоновых полигонов, рассказал, что этот проект – задел на создание национальной системы мониторинга парниковых газов. А карбоновые

полигоны – это один из элементов большой системы.

Ключевой регион

В Тюменской области проект по созданию карбонового полигона будет реализован Тюменским государственным университетом, Западно-Сибирским межрегиональным научно-образовательным центром при поддержке областного правительства и компании «СИБУР» – крупнейшей нефтегазохимической компании России, для которой Тюменская область является стратегически важным регионом.

В июне правительство Тюменской области подписало соглашение о реализации проекта «Карбоновая станция» в ходе Петербургского международного экономического форума (ПМЭФ-2021) с председателем правления ПАО «СИБУР Холдинг» Дмитрием Коновым и ректором ТюмГУ Иваном Романчуком.

Генеральный директор Западно-Сибирского межрегионального НОЦ Денис Неустроев считает, что очевидна значимость проекта – разработка новых технологий повышения секвестрационного потенциала территорий. И его реализация наглядно демонстрирует решение одной из ключевых задач НОЦ – новое качество

ТюмГУ

Источник: wikimapia.org



На полигоне будут работать 10 команд по изучению разных аспектов изменения климата. Это совместные проекты с ведущими научно-исследовательскими центрами РФ и зарубежных стран

взаимодействия сферы образования, исследований и разработок с реальным сектором экономики.

Снижение климатического воздействия компании является одной из важных составляющих стратегии устойчивого развития «СИБУРа» до 2025 года, поэтому поддержка таких проектов – в приоритете. В стратегии обозначены целевые показатели по снижению всех типов воздействий на окружающую среду в разных сегментах бизнеса, а также по внедрению возобновляемых источников энергии.

Директор по устойчивому развитию «СИБУР Холдинг» Максим Ремчуков отметил, что компания стала партнером проекта

Первые из 80 планируемых в России карбоновых полигонов будут созданы в Чечне, Краснодарском крае, Калининградской, Новосибирской, Сахалинской, Свердловской и Тюменской областях

карбоновой станции в Тюменской области, поскольку это ключевая территория ее присутствия. Проект, запущенный министерством, сочетает в себе как экологическую повестку, так и инновационность – это шаг вперед с точки зрения использования новых методов замеров секвестрационного потенциала различных экосистем.

«Для «СИБУРа», как компании, которая уделяет большое внимание поиску и обучению талантливой молодежи, этот проект очень интересен, – заявляет Максим Ремчуков. – Один из вопросов обсуждения новой глобальной климатической политики связан с поиском специалистов, которые будут иметь хорошие базовые знания и получать навыки, работая в крупном бизнесе. Это позволит им понимать, как реализовывать лесоклиматические проекты, и как это будет в целом влиять на то, что российские компании будут показывать с точки зрения уменьшения углеродного следа».

Карбоновая станция ТюмГУ охватит наиболее характерные для региона типы экосистем: различные виды леса, озера, болота, а также агроценоз. Она появится на территории существующей биостанции ТюмГУ на озере Кучак в Нижнетавдинском районе. Исследователи смогут детально изучить секвестрационный потенциал каждой из экосистем, разработать наиболее эффективные сочетания видов и сортов растений для каждой из них с точки зрения поглощения углекислого газа. Результаты будут использоваться при реализации проектов по лесовосстановлению, развитию аграрно-промышленного комплекса, а также при создании специальных карбоновых ферм – территорий с увеличенной поглощающей способностью в отношении углекислого газа.

Объем мирового рынка торговли углеродными квотами оценивается в 100 млрд долл. К 2030 г. ожидается его многократный рост, что сделает карбоновую отрасль одной из ведущих в мировой экономике



Кедровые леса Восточной Сибири
Источник: chungking / Depositphotos.com

Тюменский университет, объединив свои усилия с «СИБУРом», стал заметным участником набирающей обороты отрасли знания – науки о глобальных изменениях.

Климатическая повестка входит в приоритетные направления научно-исследовательской работы ТюмГУ. Университет – участник нескольких крупных международных проектов по изучению изменений климата, землепользования и биоразнообразия на юге Западной Сибири, а также в Арктической зоне России. Так, в 2011–2016 гг. при координации со стороны ТюмГУ был реализован крупный российско-германский проект «SASCHA» по изучению адаптации экосистем сельскохозяйственной зоны Западной Сибири к климатическим изменениям. И в настоящее время среди партнеров ТюмГУ – исследователи из Германии, США, Финляндии. Открыты новые лаборатории по мегагрантам: CarboRus под руководством профессора Гёттингенского университета Якова Кузякова, AquaBioSafe – под руководством Дениса Тихоненкова. Университет работает в тесном альянсе с целым рядом исследовательских центров из Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга и Ханты-Мансийска.

Тюменская карбоновая станция

Мощный исследовательский потенциал университета будет задействован для проведения научных исследований на карбоновой станции. Почему станции? Потому что карбоновые полигоны нацелены в основном на сбор данных о потоках парниковых газов. Карбоновая станция ТюмГУ нацелена же не только на мониторинг климатически активных газов, но и на исследование функциональной роли различных групп живых организмов в биогеохимических циклах углерода, на разработку технологий секвестрации углерода, депонирования карбона в почвах или донных отложениях. А это уже новая история – «карбоновое фермерство».

В прицеле ученых ТюмГУ – почвы, почвенные организмы, растительность, водные объекты. Карбоновая станция на Кучаке отличается разнообразием типов экосистем, что делает ее учебным центром «под открытым небом», где будет можно отрабатывать навыки использования методов контроля за эмиссией и секвестрацией парниковых газов с помощью мачт вихревой пульсации и различных газоанализаторов. Будут использованы новейшие методы экологической метагеномики и баркодирования биоты для выявления и мониторинга разнообразия живых организмов. Всем

Природные экосистемы отличаются разной степенью поглощения CO₂
Источник: zhaubasar / Depositphotos.com



Один из первоочередных вопросов – научное обоснование доли экосистем России в планетарном поглощении углекислого газа и обеспечение эффективного контроля за углеродным балансом

этим навыкам будут обучаться магистранты новой образовательной программы «IMPROVE_AGRO» по гранту Евросоюза, вузом-координатором которого стал ТюмГУ. Здесь же, на карбоновой станции, выполняют свои исследования и аспиранты – будущие кандидаты наук.

Карбоновый полигон ТюмГУ начнёт свою работу уже в августе 2021 года – это символично, поскольку август объявлен месяцем климата и экологии Года науки и технологий в Российской Федерации. Полигон совместными усилиями университета и компании «СИБУР» оборудован новейшим оборудованием для изучения параметров окружающей среды. На полигоне будут работать порядка 10 исследовательских команд по изучению различных аспектов изменения климата. Как правило, это совместные проекты с ведущими научно-исследовательскими центрами России и зарубежных стран.

В планах ТюмГУ – расширить сеть карбоновых полигонов на всю большую Тюменскую область.

Система карбоновых полигонов призвана стать важным элементом системы контроля за изменением климата. А регион с его обширными лесами и водно-болотными угодьями может стать настоящей «плантацией» декарбонизации в федеральном и глобальном масштабе.

Среди перспективных направлений низкоуглеродного развития российской нефтегазовой отрасли можно выделить водородную экономику, технологии улавливания и хранения углерода и системы управления выбросами метана. Эти и другие вопросы обсудят в рамках XXII Тюменского нефтегазового форума 14–16 сентября в Западно-Сибирском инновационном центре.



Челябинская ТЭЦ

Источник: [wikimapia.org](#)

УДК 620.9

DOI 10.46920/2409-5516_2021_9163_56

Система контроля выбросов CO₂ как национальная идея

CO₂ emission control system as a national idea

Максим КАНИЩЕВ

Управляющий директор «РусЭнергоПроект»

e-mail: mvkanischev@gmail.com

Maxim KANISHCHEV

Managing Director of RusEnergoproject

e-mail: mvkanischev@gmail.com

Нефтегазовая отрасль в России – один из основных источников выбросов парниковых газов

Источник: [pvsm.ru](#)

Аннотация. Принятие мер, связанных с актуализацией климатической повестки, на территории России происходит с задержкой относительно общемировой практики. Тем не менее, в последние годы Россия предпринимает активные шаги на пути к экологической модернизации, и базой таких преобразований выступает нормативно-правовое поле, определяющее стратегию и тактику низкоуглеродного развития страны. В данной статье рассмотрены ключевые меры по контролю и сокращению выбросов парниковых газов, предпринятые на территории Российской Федерации, а также проанализированы предпосылки к созданию единого нормативно-правового поля углеродного регулирования, возможности модернизации законодательной базы и потенциальный эффект для экономики страны от принятия плановых и альтернативных мер.

Ключевые слова: трансграничное углеродное регулирование, климатическая повестка, климатические проекты, оценка эффективности, энергоэффективность.

Abstract. In the Russian Federation, the action related to the updating of the climate agenda is delayed compared to global practice. Nevertheless, in recent years, Russia has been taking active steps towards environmental modernization. The basis for such transformations is the regulatory framework that determines the strategy and tactics of low-carbon development of the country. This paper examines key issues to control and reduce greenhouse gas emissions taken on the territory of the Russian Federation. The paper analyzes the prerequisites for the formation of a unified regulatory framework for carbon regulation, the possibility of modernizing the legislative framework and the potential effect on the country's economy from the adoption of planned and alternative measures. In the Russian Federation, the action related to the updating of the climate agenda is delayed compared to global practice.

Keywords: transboundary carbon regulation, climate agenda, climate project, efficiency assessment, energy efficiency.

||

По расчетам аналитиков, величина «углеродного налога» для российских предприятий прогнозируется в размере 1,1 млрд евро ежегодно

Введение

Становление климатической повестки в качестве ключевой риторики, определяющей стратегический и геополитический вектор развития на международной арене, происходило в несколько этапов. Наиболее

значимым шагом ранее считалось подписание Парижского соглашения по климату, которое Россия ратифицировала в 2019 году (1). Роль Парижского соглашения в экономике РФ многие эксперты восприняли неоднозначно: ряд специалистов призывает не переоценивать влияние документа на внутренние процессы страны [2], тогда как другая группа говорит о серьёзном воздействии на отечественную промышленность [3]. Подобный плюрализм мнений не позволяет считать появление Парижского соглашения и его ратификацию ключевой вехой в актуализации принципов устойчивого развития России. Отправной точкой скорее можно считать заявления Европейского союза о введении трансграничного углеродного регулирования (ТУР) – механизма компенсации углеродного следа, образующегося при производстве продуктов, экспортируемых в ЕС, путём прямых выплат со стороны экспортёра в европейскую казну. Представители РБК, РwC и KPMG уже представили предварительные расчёты дополнительной налоговой нагрузки на отечественные предприятия от введения ТУР (4). Согласно их расчётам, величина «угле-

родного налога» прогнозируется в размере 1,1 млрд евро ежегодно, тогда как запуск инициативы ожидается в 2022–2025 году [5,6]. Планы ЕС запустили в России процесс подготовки нормативной базы для установления принципов углеродного регулирования, учитывающих интересы государства, общества и бизнеса.

Предпосылки для сокращения углеродоёмкости экономики России и обновление энергетической политики

Поворот к климатической повестке являлся одной из наиболее ожидаемых тенденций на внутривнутриполитической арене – и к такому повороту имелись значительные предпосылки [7]. Экономика России обладает энергоёмкостью, превышающей средние общемировые показатели на 46 % и показатели схожей по климату Канады на 17 % [8]. Между тем уже сегодня на мировом рынке технологий присутствуют решения, позволяющие значительно сократить потребление энергии отечественными предприятиями.

Правительство рассчитывает сократить углеродоёмкость ВВП на 8–10 % к 2030 году и на 40–50 % к 2050 году [9], [10]. Такой вектор развития определён государственной программой «Развитие энергетики», утверждённой постановлением Правительства Российской Федерации № 236 от 02.03.2019 г. Несмотря на взаимосвязь между количеством потребляемого ископаемого топлива при производстве единицы продукции и объёмом эмиссии парниковых газов, осуществляемой в результате процессов переработки топлива, повышение энергоэффективности не является единственным источником сокращения антропогенного воздействия на климат [11, 12, 13]. Другим инструментом, обеспечивающим снижение показателей загрязнения воздуха, является «улавливание» парниковых газов природными экосистемами или «карбоновыми фермами».

Практика создания таких ферм есть не только на Западе, но и в России. Ключевым понятием здесь является «уровень поглощения углерода» – и каждый лесной массив в зависимости от своего расположения и видовой разнообразия обладает уникальными показателями. Уровень поглощения углерода находится

во взаимосвязи с уровнем его выделения, вместе эти показатели формируют «углеродный баланс». Культивирование природных экосистем с высокой поглотительной способностью способствует достижению «углеродной нейтральности» – желаемого углеродного баланса, где объём выработанных парниковых газов равен количеству поглощённого объёма парниковых газов.

Тандем из процессов энергоэффективности и сокращения парниковых газов может считаться наиболее оптимальным комплексным сценарием по повышению экологической безопасности РФ до момента публикации проекта трансграничного углеродного регулирования 14 июля 2021 года на сайте ЕС, определяющего только прямые выбросы CO₂-эквивалента в качестве единственной метрики, устанавливающий объём налоговых выплат для экспортёров [14].

Лесные массивы России обладают высокой способностью к поглощению CO₂. Река Щуго, Коми
Источник: *sergunt / Depositphotos.com*



Другими словами, несмотря на огромную площадь лесов нашей страны, величина экспортной «повинности» отечественных предприятий остаётся на прежнем уровне – в районе 1,1 млрд евро ежегодно. Именно политическая повестка определяет нивелирование поглотительной способности естественных экосистем России при расчете ТУР: углеродное регулирование является, в первую очередь, инструментом экономической, а не экологической безопасности [15]. Европейский союз заинтересован в получении максимальной прибыли от введения новых мер для восстановления собственной экономики после пандемии коронавируса. Механизмы секвестирования CO₂, если бы проект документа их учитывал, могуткратно сократить объём выплат, поступающих в европейский бюджет от российских экспортёров. Косвенно на этот факт указывают и занимаемые позиции российских лесов в европейских рейтингах поглотительной способности природных экосистем [16].

Таким образом, построение новой энергетической политики с учётом механизмов секвестирования CO₂ не отвечает текущим экономическим реалиям, в которых наша страна сталкивается с необходимостью выплат ЕС в рамках ТУР на основании именно прямых выбросов CO₂-эквивалента.

Стратегия низкоуглеродного развития России до 2050 года

На данный момент правительство разработало Стратегию долгосрочного развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (далее – стратегия), представляющую собой унифицированный регламент направлений развития и модернизации экономики и промышленности страны [17]. Однако на данный момент документ всё ещё не имеет статуса официально утверждённого и требуемого к исполнению акта, а горизонт планирования – 2050 год – и прямая отсылка к необходимости реализации обязательств в рамках Парижского соглашения позволяют сделать следующий вывод: стратегия не является концептуальной основой для нивелирования последствий ТУР для российской экономики.

Это заключение ставит перед государством необходимость разработки иного нормативно-правового акта, предметное поле которого будет также заключаться

в необходимости сокращения антропогенного воздействия на климат, но с отличным горизонтом планирования эффекта от принятия такого акта. В соответствии с ожиданиями 1 июня 2021 года в третьем чтении принимается законопроект № 1116605–7 (ныне – Федеральный закон от 2 июля 2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»). Номинально закон развивает логику исполнения обязательств в рамках Парижского соглашения по климату, однако акт имеет фундаментальные отличия от иных документов, регламентирующих межведомственные и институциональные взаимодействия в предметном поле климатической повестки [18, 19, 20, 21].



Огромные территории за полярным кругом увеличивают энергоёмкость экономики. Майнопыльгино, Чукотка
Источник: *wap.photohost.ru*

Ключевой тезис закона – обязательство крупнейших эмитентов парниковых газов предоставлять отчётности об объёмах эмиссии CO₂-эквивалента [22]. Для эмитентов, выбрасывающих ежегодно свыше 150 тыс. тонн парниковых газов, отчётность начинается с 1 января 2023 года; для эмитентов, выбрасывающих ежегодно от 50 до 150 тыс. тонн парниковых газов, отчётность начинается с 1 января 2025 года. Одна только установка первичной переработки нефти АВТ ежегодно генерирует от 700 тыс. до 1 млн 200 тыс. тонн выбросов: диапазон объёмов эмиссии CO₂-эквивалента, определённый законом, позволяет распространить действие документа на большинство промышленных предприятий страны.

Контроль за подачей отчётности будет осуществляться специальным надзорным органом с помощью реестра выбросов парниковых газов, однако принципы работы и полномочия такого органа находятся на стадии проектирования.

Закон определяет необходимость не только контроля, но и сокращения уровня выбросов парниковых газов. Целевые показатели будут устанавливаться в соответствии с последующими документами, изданными на основе 296-ФЗ и определяться «с учетом поглощения парниковых газов в лесах и иных естественных экологических системах и исходя из необходимости обеспечения устойчивого и сбалансиро-



Эгвекинотская ГРЭС, работающая на буром угле.
Поселок Озерный, Чукотка
Источник: wikimapia.org

ванного развития экономики Российской Федерации».

Безусловно, указанные в законе сроки делают документ механизмом сокращения налоговых обязательств России с учетом экспорта в Европу. Между тем, Правительство РФ не скрывает надежду на возможные компромиссы с западными партнёрами по вопросу учёта углеродного баланса на территории страны – если не в контексте ТУР, то хотя бы в контексте исполнения обязательств по Парижскому соглашению.

Таким образом, вслед за проектом стратегии низкоуглеродного развития, определяющей концептуальную основу модернизации экономики, государствен-

ные институты сделали следующий шаг, уже непосредственно направленный на конкретные меры: Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» способен не только нивелировать последствия ТУР, но и заложить основу для стандартизации метрик углеродного баланса.

Реализация закона «Об учёте выбросов парниковых газов»

Согласно закону «Об учёте выбросов парниковых газов», снижение выбросов предлагается проводить с учётом принципов: «обязательность выполнения целевых показателей» и «научная обоснованность, системность и комплексность подхода».

Научную обоснованность подхода предлагается определить через фактическое наличие потенциала по сокращению углеродоемкости ВВП на базе отчётности Минэкономразвития, утверждающего о наличии возможностей по снижению потребления энергии производственными площадками (и соответствующему сокращению выбросов) в диапазоне от 17 до 46 %.

Обозначением мероприятий, направленных на снижение углеродного следа – как инструментами повышения энергоэффективности, так и инструментами секвестирования CO₂ – является понятие «климатический проект». То есть с момента принятия закона «Об учёте выбросов парниковых газов» проекты сокращения антропогенного воздействия на климат получили юридический статус.

Это важно, поскольку ранее существовала возможность манипуляции с целевыми показателями по сокращению выбросов в рамках иных нормативно-правовых актов. К примеру, эксперты федерального проекта «Чистый воздух», декларирующего обязательства городов-участников проекта по снижению эмиссии CO₂, фиксировали подмену мероприятий по модернизации производства, направленных на снижение углеродного следа, на стандартные проекты развития, не имеющие ничего общего с климатической повесткой [23]. Теперь же предметные действия промышленных предприятий получили необходимую правовую интерпретацию.

Более того, такие проекты получили количественное выражение результата – «углеродная единица»: «верифицированный

итог реализации климатического проекта, выраженный в массе парниковых газов, эквивалентной 1 тонне углекислого газа». Государство определяет эффективность мер по декарбонизации именно через результат, а не через номинально заявленный эффект.

Организация, реализовавшая климатический проект, становится владельцем углеродных единиц – объёма сокращённых выбросов, которое подлежит вычету из общего объёма выбросов предприятия. Однако подобная информация уже содержится в корпоративных отчётах предприятий, и необходимость подобной меры может ставиться под сомнения. Тем не менее, операции учёта углеродных единиц актуальны для отслеживания динамики декарбонизации в реальном времени: если за каждым экологическим проектом, состоящим из перечня конкретных мер, реализуемых предприятием, стоит числовое выражение эффекта, то государство способно отбирать лучшие и транслировать их с помощью механизмов рекомендаций или принуждения для максимизации сокращения углеродного следа и снижения давления ТУР.

Углеродные единицы могут быть переданы другим предприятиям на коммерческой основе, и такой механизм представляется аналогом мировых систем торговли квотами на выбросы, однако делать выводы о сходстве систем пока преждевременно.

Федеральный закон «Об учёте выбросов парниковых газов» становится одним из ключевых элементов новой энергетической политики России, закладывающим основы не только оперативного нивелирования последствий ТУР, но и среднесрочных механизмов диалога по стандартизации учёта углеродного баланса с Европейским союзом и долгосрочной модели модернизации российских предприятий.

Возможные варианты модернизации энергополитики и углеродного регулирования

Еще одной важной задачей новой климатической стратегии России является монетизация «зеленых» бизнес-мероприятий. Положительный денежный поток от реализации климатических проектов может формироваться за счёт двух основных



Выбросы городских ТЭС
Источник: Evgeniy_Bobkov / Depositphotos.com

источников: экономии от сокращения потребления энергоресурсов и экономии за счет снижения платежей по ТУР.

До утверждения проекта ТУР у российских предприятий отсутствовала мотивация к модернизации. Климатические проекты должны окупаться вне зависимости от величины выплат, сопряжённых с углеродным следом продукции. На сегодняшний день единственный финансово обязывающий акт для российских предприятий в рамках климатической повестки – ТУР, тогда как внутри страны не существует институционализированной системы санкций и/или налогообложения на выбросы CO₂. Тем не менее, наличие целевых показателей по сокращению эмиссии углекислого газа в рамках закона «Об учёте выбросов парниковых газов» может предполагать дальнейшую разработку и введение подоб-



Сжигание ПНГ – основной источник выбросов метана

Источник: life.ru

ных мер. Такой сценарий может принести значительный положительный эффект для экономики страны: введение государством санкций за выброс каждой тонны углекислого газа, осуществляемой промышленными предприятиями (как сверх установленного предела, так и в абсолютных значениях) признано мировым экономическим сообществом наиболее действенным инструментом стимулирования промышленности к сокращению уровня выбросов [24].

Оценка эффективности таких мер стала основанием проектирования ТУР: на-

полнение европейского бюджета за счёт экспортёров может стать частью стратегии Европейского союза по преодолению последствий пандемии коронавируса. Углеродные платежи могут стать таким же источником бюджетных поступлений и для экономики России.

Однако экологическая модернизация предприятий может принести бизнесу прибыль [25]. На фоне средней доходности проектов в размере 20–25 %, инвестиции в климатические проекты могут стать приоритетным направлением для бизнеса. К примеру, чистый денежный поток от ре-

Таблица 1. Экономический эффект и эффект по сокращению выбросов парниковых газов для нефтепереработки от реализации некоторого уровня потенциала энергоэффективности

Повышение энергоэффективности	Экономический эффект в долларах в год	Сокращение выбросов в год
На 20 % (сопоставимое значение с уровнем энергоэффективности Канады)	1 млрд	6,5 млн тонн
На 25 %	1,25 млрд	8,125 млн тонн
На 30 %	1,5 млрд	9,75 млн тонн
На 35 %	1,75 млрд	11,375 млн тонн
На 40 %	2 млрд	13 млн тонн
На 45 % (сопоставимое значение со среднемировыми значениями энергоэффективности)	2,25 млрд	14,625 млн тонн

Направление	Эффект
1. Рост объёмов выдачи кредитных средств для промышленных предприятий	Система углеродного регулирования предоставляет банкам инструмент риск-ориентированного управления заёмными активами, что повысит долю экономически обоснованного одобрения заявок от предприятий и, как следствие, приведёт к росту маржинальности движения банковского капитала и получению бизнесом дополнительного источника финансирования, недоступного ранее; в рамках реализации климатических проектов банки отметят рост займов
2. Ускорение темпов модернизации промышленных предприятий	Прозрачная система мотивации к сокращению уровня выбросов, учитывающая экономические интересы бизнеса, является основой для расширения инвестиционных программ предприятий, направленных на разработку, поиск и внедрение современных методов снижения углеродного следа производства, т. е. реализации климатических проектов
3. Создание дополнительных рабочих мест	Введение в экономический цикл инновационного для Российской Федерации технологического процесса снижения эмиссии CO ₂ повлечёт за собой необходимость в квалифицированных кадрах – отраслевая промышленность создаёт новые рабочие места с перспективой расширения, а не сокращения штата
4. Развитие науки и техники	Создание механизмов экономически обоснованной мотивации предприятий к сокращению эмиссии CO ₂ станет драйвером возникновения спроса на технологии декарбонизации. Фундаментальная наука и наукоёмкое производство получат дополнительные частные инвестиции, стимулирующие развитие всего научно-производственного комплекса РФ

Таблица 2. Ключевые направления стимулирования российской экономики в рамках закона «Об учёте выбросов парниковых газов»

лизации консервативного уровня потенциала энергоэффективности России (17–20 %) для нефтепереработки может принести эффект 1 млрд долларов. Трансграничный углеродный налог способен только увеличить этот эффект [26]. Сокращение выбросов при реализации такого уровня потенциала (только для индустрии нефтепереработки) достигнет 6,5 миллионов тонн CO₂-эквивалента в год.

Трансляция такого экономического и экологического эффекта в рамках проектирования энергетической политики РФ повысит уровень мотивации отраслевых предприятий к модернизации собственных мощностей, что способно ускорить достижение одной из ключевых целей текущей энергетической политики – нивелирование последствий ТУР.

Далее представлен полный перечень эффектов от проектирования энергетической политики на базе экономической мотивации предприятий к сокращению уровня выбросов, возможной для реализации в рамках закона «Об учёте выбросов парниковых газов».

При разработке методических подходов к модернизации энергетической политики России на базе экономической мотивации предприятий к сокращению уровня выбросов, возможной для реализации в рамках закона «Об учёте выбросов парниковых газов», ставилась целью реализация следующих принципов:

- прозрачность расчета;
- справедливость/сбалансирован-

ность в части равного учета интересов как бизнеса, так и государства;

- возможность корректировки государством показателей экономической мотивации без изменения самой методики;

- дифференцирование показателей экономической мотивации по конкретному предприятию для возможности учёта архитектуры технологической схемы, её эксплуатационных характеристик и влияния антропогенных факторов (вмешательство топ-менеджмента, действия персонала).

Одним из ключевых принципов при определении целевых показателей снижения выбросов и параметров экономической мотивации является дифференцированный подход: следует считать необоснованным и деструктивным применение равных параметров экономической мотивации для

Чистый денежный поток от реализации консервативного уровня потенциала энергоэффективности России (17–20 %) для нефтепереработки может принести эффект не менее 1 млрд долларов

Закон «Об учёте выбросов парниковых газов» становится одним из ключевых элементов новой энергетической политики России, закладывающим основы оперативного нивелирования последствий ТУР

предприятий, исчерпавших технологический ресурс по сокращению эмиссии CO₂, и для предприятий, минимизировавших усилия по поиску климатических проектов.

Предприятие, исчерпавшее ресурс повышения энергоэффективности, должно быть исключено из основной программы финансово-климатической мотивации, поскольку для такого предприятия экономически обоснованные инструменты декарбонизации отсутствуют физически. При этом снижение уровня эмиссии CO₂ ниже экономически обоснованного значения должно проходить с финансовой поддержкой государства, например, через субсидирование технологий и/или снижение процентной ставки в рамках программ «зелёного» кредитования.

Понятие «исчерпание технологического ресурса» подразумевает внедрение всех доступных климатических проектов на базе

инструментов повышения энергоэффективности, не ведущих к заградительно высоким издержкам для продолжения производственной деятельности.

Сценарий, обеспечивающий сохранение маржинальности бизнеса, должен включать в себя принципы софинансирования государством убыточных, с точки зрения предприятия, инициатив по сокращению углеродного следа. В качестве инструментов софинансирования могут использоваться субсидирование декарбонизации производства, выдача заёмных средств по сниженной процентной ставке или иные механизмы поддержки.

Целевые значения сокращения выбросов и углеродных платежей

В рамках модернизации энергетической политики РФ предлагается сформировать принципы-постулаты реализации климатических проектов и систему финансовой мотивации предприятий.

Подобная система модернизации энергетической политики может сделать Россию лидером среди углеродоответственных стран, так как не предполагает компромиссов в решении задачи сохранения климата. Однако для реализации этого комплекса мер нужна методика отбора климатических проектов, соответствующих экономическим параметрам окупаемости.

Система улавливания и хранения CO₂

Источник: dezeen.com



Постулат обязательности	Обязательная реализация климатических проектов, которые отвечают экономическим параметрам окупаемости
Постулат поощрения ответственности	Если предприятие реализует все доступные климатические проекты в заданные сроки, то до момента реализации первого блока мер инструменты финансовой мотивации к такому предприятию неприменимы
Постулат штрафа за бездействие	Если предприятие без обоснованных причин уклоняется от реализации климатических проектов, в бюджет должны перечисляться штрафы за объем превышения выбросов CO ₂ предприятия над минимальными бенчмаркингowymi по установленной ставке за тонну выбросов

Таблица 3. Постулаты модернизации энергетической политики в области реализации климатических проектов

Отбор таких климатических проектов и установление целевых показателей по сокращению эмиссии CO₂ следует привязывать к конкретному производству или предприятию, отражая не высокие цели, зачастую не соответствующие критериям реализуемости, а фактически возможные, основанные на конкретных технологических процессах, архитектуре, расположении предприятия и иных характеристиках.

Модернизация энергетической политики, позволяющая извлечь из климатических проектов максимальный финансовый эффект как для государства, так и для бизнеса, по этой логике должна строиться на анализе показателей каждого элемента технологической схемы предприятия к его максимально реализуемым значениям энергоэффективности.

Здесь и далее расчёты производятся с применением теоретических разработок на базе изысканий специалистов научного направления «Ансельм», что оказало влияние на условные математические обозначения.

Технический предел модернизации предприятия предлагается характеризовать индексом Ансельм^{энерго} (условное обозначение). На базе расчёта экономической эффективности климатических проектов предлагается определить уровень увеличения энергоэффективности, превышение

которого не будет приносить предприятию прибыль и охарактеризовать такой уровень индексом Ансельм^{финанс} (условное обозначение). Приведённые далее расчёты не исключают наличие других условных обозначений, методик и инструментов определения целевых показателей снижения выбросов и финансовой мотивации

Предприятие, исчерпавшее ресурсы энергоэффективности, необходимо исключить из программы финансово-климатической мотивации, т. к. для него отсутствуют рентабельные инструменты декарбонизации

предприятий к реализации климатических проектов в рамках закона «Об учёте выбросов парниковых газов», однако на сегодняшний день автору неизвестно о наличии иных механизмов для реализации обозначенной цели.

Постулат обязательности декларирует необходимость реализации климатических

Таблица 4. Показатели для расчёта инструментов финансовой мотивации к реализации климатических проектов для смоделированного предприятия

Ставка дисконтирования	20 %
Горизонт планирования инвестпроекта	10 лет
Цена барреля нефти	\$60
Цена внутренней платы за тонну CO ₂	\$0
Стоимость затрат на реализацию проекта	50 % от NPV



Использование солнечных панелей в частных домах в Норвегии

Источник:

franky242 / Depositphotos.com

проектов, отвечающих экономическим параметрам окупаемости. Такие параметры зависят, прежде всего, от экономических предпосылок планирования, используемых при расчётах.

В качестве примера предпосылок планирования предлагается использовать следующий набор показателей, на базе которого ниже рассчитывается финансовая мотивация к реализации климатических проектов для смоделированного предприятия.

Указанные предпосылки являются консервативными и ориентировочными. Предлагается проведение процедуры уточнения предпосылок планирования исходя

из стратегий развития Российской Федерации и экономических показателей каждого региона.

Также необходимо согласовать экономические критерии, при которых климатический проект в логике индекса $A_{\text{финанс}}$ будет считаться окупаемым.

В качестве такого критерия предлагается использовать внутреннюю норму доходности – ВНД (IRR). Базовой линией минимальной доходности климатических проектов для дальнейшего обсуждения предлагается принять в размере 15 %. При снижении ВНД (IRR) ниже этого значения у бизнеса возникает право запрашивать софинансирование реализации климатических проектов у государства.

Учёт обозначенных предпосылок и критериев позволяет сформировать прозрачный, эффективный, справедливый/сбалансированный, экономически обоснованный механизм мотивации к реализации климатических проектов и установления/соблюдения целевых показателей по сокращению выбросов.

Отметим, что при оценке климатических инвестпроектов в качестве положительного денежного потока не используются штрафы за выбросы CO_2 , которые могут быть введены на территории России. Это автоматически исключает из периметра

проектов инициативы, окупающиеся только за счёт введения налогов на выбросы CO_2 и обеспечивает материальную заинтересованность бизнеса в добровольной реализации программ повышения энергоэффективности и сокращения выбросов.

В случае применения ТУР или иных иностранных карбоновых платежей, ухудшающих финансовые показатели проекта, их величину допустимо закладывать в положительный денежный поток.

Деление чистого денежного потока за период на объём сокращения выбросов CO_2 , наступивший после реализации климатических проектов в том же периоде, даёт значение ставки за тонну CO_2 . Назовём её Ансельм-ставкой для отличия от уровня ставок по ТУР.

$$\text{Ансельм-ставка} = \frac{\text{ЧДП}}{\text{QCO}_2}$$

Указанная Ансельм-ставка должна быть применена к объёму превышения выбросов CO_2 предприятия над минимальными показателями в случае не реализации рекомендованных климатических проектов.

Так как реализация климатических проектов является многоэтапным процессом, занимающим определённый временной промежуток, предлагается дифференцировать установление ставки по периодам. Дорожная карта реализации климатических проектов состоит из следующих шагов, представленных в таблице 5.

Реализация полного комплекса мероприятий обычно занимает не более 5 лет. По истечении этого срока ожидается реа-

Таблица 5. Этапы реализации климатического проекта

1	Определение потенциала экономически обоснованного повышения энергоэффективности
2	Выбор проектов для реализации
3	Защита проектов и выделение финансирования
4	Разработка детальных мероприятий
5	Проектирование
6	Закупка и изготовление оборудования
7	Поставка оборудования
8	Время ожидания возможности модернизации (капитальные ремонты, плановые остановки производства, создание технологических условий для возможности проведения модернизации и т. д.)
9	Монтаж и пуско-наладка
10	Запуск карбоно-эффективной схемы

В случае применения ТУР или иных иностранных карбоновых платежей, ухудшающих финансовые показатели проекта, их величину допустимо закладывать в положительный денежный поток

лизация от 30 до 70 % всех возможностей по повышению энергоэффективности.

С учётом планов по введению ТУР, обязательств Парижского соглашения, прочих стратегических рисков и нагрузок на производство для реализации программы, первая контрольная точка должна быть установлена на 2026–2027 годы. Таким образом, предприятия должны приступить к реализации программ сокращения карбонового следа не позднее 2022 года.

Плата за бездействие должна стимулировать бизнес к реализации климатических проектов как можно быстрее. Однако уже начало действий должно быть простимулировано. По этой причине предлагается увеличивать плату за бездействие по годам следующим образом:

- 1 год – ставка 0 %;
- 2 год – 20 % от Ансельм-ставки, при условии бездействия;
- 3 год – 40 % от Ансельм-ставки, при условии бездействия;

Энергетическая политика, позволяющая извлечь из климатических проектов максимальную прибыль, должна строиться на анализе показателей каждого элемента технической схемы предприятия

Затраты на реализацию, \$ млн	20
Чистый денежный поток, \$ млн	149
NPV, \$ млн	40
IRR	69 %
DPP	4
PI	3,8

Таблица 6. Экономические параметры реализации климатических проектов инструментами повышения энергоэффективности для модельного предприятия

- 4 год – 60 % от Ансельм-ставки, при условии бездействия;
- 5 год – 80 % от Ансельм-ставки, при условии бездействия;
- 6 год и далее – 100 % от Ансельм-ставки, при условии бездействия.

Ставка является прогрессивной, дифференцированной по конкретному предприятию, стимулирующей к действиям и зависящая от усилий менеджмента, что позволяет собственникам ставить конкретные ключевые показатели эффективности в бизнесе.

В случае последовательного движения по реализации климатических проектов предприятие не несёт дополнительных расходов на оплату карбоновых штрафов на всём протяжении проекта – это является реализацией второго постулата.

Задержка начала реализации плана мероприятий по декарбонизации на два года должна быть обоснована. Разработка критериев таких обоснований является отдельной задачей.

Оттава, Канада

Источник: tiger_barb / Depositphotos.com



НПЗ г. Швед, Германия

Источник: m.polit.ru

Особенности реализации климатических проектов

Отсутствие у предприятия необходимых финансовых средств для реализации климатических проектов является основанием для привлечения финансирования по сниженной ставке через институты развития. Такой подход обладает следующими преимуществами:

1. Гарантия реализуемости мероприятий.
2. Гарантия обоснованности бюджета и не превышение его более чем на 30 %.
3. Прозрачность установления ставки и суммы займа.
4. Снятие стратегических рисков при поиске средств. Институт развития заранее видит потенциальный уровень карбоноэффективности предприятия после реализации мероприятий на запрашиваемые средства

и может оценить риски снижения экспортных поставок продукции заёмщика.

На основании предложенной концепции для подтверждения применимости методики авторами был произведён расчёт ставки платы за тонну выбросов CO₂ для модельного нефтегазового предприятия. В качестве модельного предприятия был принят нефтеперерабатывающий завод объемом переработки 6 млн тонн нефти в год, модельной целью является сокращение энергопотребления на 20 %.

Согласно отчётам Alfa Laval, Solomon, «РусЭнергоПроект», Международного энергетического агентства, потенциал энергоэффективности нефтепереработки

находится в диапазоне от 30 до 70 %. Таким образом, повышение энергоэффективности на 20 % является безусловно достижимой целью. Отметим, что сокращение энергопотребления на 20 % позволит опередить по уровню энергоёмкости ВВП данного сектора Канаду. Экономические параметры реализации возможного потенциала представлены в таблице 6.

Из этого следует, что экономические показатели проекта являются положительными.

В результате реализации модельного уровня потенциала будет достигнуто сокращение выбросов на горизонте планирования проекта на 1 млн тонн CO₂. Экономический эффект от сокращения выбросов для предприятия составит 135 долларов за тонну.

Таблица 7. Объём выплат модельного предприятия в рамках функционирования механизмов экономической мотивации к реализации климатических проектов за период 2022–2027 гг.

Период (год)	Объём выплат в долларах
2022	3 млн
2023	6 млн
2024	9 млн
2025	12 млн
2026	15 млн



ТЭЦ-12

Источник: origin-production.wikiwand.com

Далее предлагается ознакомиться с объёмами выплат НПЗ в бюджет РФ за 5 лет в случае нереализации климатических проектов для достижения целевых показателей сокращения выбросов.

Итого суммарная плата за бездействие составит 45 млн долларов за 5 лет и 15 млн долларов каждый последующий год бездействия.

Для всей индустрии российской нефтепереработки (285 млн тонн в год) поступления в бюджет составят порядка 2 млрд долларов до 2027 года и около 700 млн долларов далее ежегодно.

Для сравнения, если принять, что вся дополнительная прибыль по климатическим проектам будет облагаться налогом на прибыль по ставке 20 %,

до 2027 года в периметре РФ эти платежи принесут в бюджет дополнительно 1,6 млрд и по 200 млн долларов ежегодно.

Интерполяция на прочие отрасли промышленности позволяет предположить, что объем таких поступлений в бюджет составит от 3 до 10 миллиардов долларов до 2027 года и от 1 до 3 миллиардов долларов далее ежегодно, даже без учёта экономии по ТУР.

Авторами концепции смоделирована ситуация применения ТУР, начиная с 2025 года. Была применена ставка на прямые выбросы CO₂, в соответствии с базовым прогнозом внедрения ТУР. Для модели было принято, что начальный объем выбросов НПЗ на 30 % превышает верхнюю планку, установленную ЕС, что соответству-

ет среднему уровню вышеуказанных исследований. Было смоделировано 2 варианта: бездействие и своевременные действия по предложенной авторами концепции.

При цене в 50 долларов за тонну CO₂ ежегодная плата модельного НПЗ за превышение нормы выбросов составит 10,3 млн долларов. В этом случае экономические параметры проекта будут выглядеть, как показано в таблице 8.

Как мы видим, при цене в 50 долларов за тонну CO₂ параметры инвестпроектов по реализации климатических мероприятий всё ещё приемлемые.

Предельный уровень ставки ТУР, при котором NPV проектов составит 0 (то есть мероприятия будут реализованы, но собственник не получит запланированную прибыль), составит 74 доллара за тонну. Указанная цифра становится критической для нефтеперерабатывающей отрасли России.

В случае бездействия предприятия и наложения ставки ТУР в размере 50 долларов за тонну, потери модельного предприятия на трансграничном регулировании составят 82 млн долларов на горизонте до 2031 года.

Объем переработки нефти в России составляет около 285 млн тонн в год. Если привести весь этот объем к условиям

Система стимулирования и налогообложения климатических проектов только в сфере нефтепереработки может обеспечить поступления в российский бюджет порядка 2 млрд долларов до 2027 года

модельного предприятия при ставке ТУР в размере 50 за тонну, потери только отрасли нефтепереработки составят 0,5 миллиарда долларов ежегодно, то есть около 4 миллиардов долларов до 2031 года.

Выводы

Глобальная актуализация климатической повестки создаёт рисковое поле, влияющее на динамику экономических показателей России. Для нивелирования последствий климатической повестки правительство разработало нормативно-правовую базу модернизации энергети-

Нововоронежская АЭС-2

Источник: «Росатом»



Таблица 8. Экономические параметры реализации климатических проектов инструментами повышения энергоэффективности для модельного предприятия

Затраты на реализацию, \$ млн	20
Чистый денежный поток, \$ млн	67
NPV, \$ млн	13
IRR	39 %
DPP	6
PI	1,2

С учётом планов по введению ТУР и обязательств по Парижскому соглашению российские предприятия должны приступить к реализации программ сокращения карбонового следа не позднее 2022 года

ческой политики страны, отвечающей краткосрочным, среднесрочным и долгосрочным вызовам. Ее основой стало сокращение удельного потребления топлива (сокращение энергоёмкости ВВП). Однако нормативно-правовое поле на сегодняшний день не содержит методологии определения целевых показателей и создания механизмов мотивации промышленных предприятий к реализации климатических проектов.

Использование экономических, дифференцированных, справедливых условий стимулирования климатических проектов способно оказать значительное содействие в модернизации энергетической политики и стратегической стабильности РФ.

Отсутствие значимой модернизации производств на протяжении последних лет, наложенное на развитие современных системных способов повышения энергоэффективности, даёт возможность реализовывать климатические проекты, извлекая из них экономическую прибыль.

В связи с этим определяется необходимость создания механизма централизованного аудита технологических процессов предприятий с целью подбора максимально эффективных решений по повышению энергоэффективности на предполагаемый объем инвестиций с ориентацией на доступные на отечественном рынке технологии и решения.

На основании собственного опыта и мировых исследований авторы полагают, что, при условии принятия предлагаемых постулатов и последовательной приверженности им, получение финансовой выгоды от реализации климатических проектов даже в условиях текущего состояния оборудования, выведет Российскую Федерацию в мировые лидеры по соответствию текущей климатической повестке.

Объем дополнительных поступлений в бюджет РФ от реализации климатических проектов при условии их реализации в рамках данной системы составит от 3 до 10 миллиардов долларов до 2027 года и от 1 до 3 миллиардов долларов далее ежегодно.



Адыгейская ВЭС

Источник: «Росатом»

Использованные источники

1. *With landmark climate accord, world marks turn from fossil fuels* // Reuters / Дата обращения: 23.07.2021.
2. *Парижское соглашение по климату. Почему Россия в этом не участвует?* // BFM.RU / Дата обращения: 23.07.2021.
3. *Парижское соглашение по климату. Почему Россия в этом не участвует?* // BFM.RU / Дата обращения: 24.07.2021.
4. *European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions* // European Commission / Дата обращения: 23.07.2021.
5. *Россия заплатит ЕС € 1,1 млрд в год углеродного налога* // РБК / Дата обращения: 24.07.2021.
6. *Углеродный вызов российским экспортёрам* // BCG / Дата обращения: 24.07.2021.
7. Канищев М. В., Мешалкин В. П., Ульянов Л. М., Чибисов Р. Е. Принципы и подходы к установлению ставки карбонового налога и реализации проектов по карбоноэффективности в Российской Федерации // Москва, ANSELM, 2021.
8. Канищев М. В., Мешалкин В. П., Ульянов Л. М., Чибисов Р. Е. Принципы и подходы к установлению ставки карбонового налога и реализации проектов по карбоноэффективности в Российской Федерации // Москва, ANSELM, 2021.
9. *Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации* // Минэкономразвития / Дата обращения: 25.07.2021.
10. *Реализация энергоэффективных и экологических проектов к 2050 году обеспечат снижение углеродоемкости ВВП в 2 раза* // Минэкономразвития / Дата обращения: 25.07.2021.
11. *INNOVATION SUMMIT MOSCOW 2021: Возможности экономически эффективной декарбонизации нефтегазовой отрасли* // Schneider Electric / Дата обращения: 25.07.2021.
12. *Декарбонизация в нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России* // Центр энергетике Московской школы управления СКОЛКОВО / Дата обращения: 25.07.2021.
13. *European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions* // European Commission / Дата обращения: 26.07.2021.
14. Канищев М. В., Мешалкин В. П., Ульянов Л. М., Чибисов Р. Е., Аблаев Р. Потенциал сокращения энергоёмкости ВВП и уменьшения выбросов CO₂ для нефтеперерабатывающей отрасли РФ // Москва, ANSELM, 2020.
15. *Управление балансом углерода лесов России: прошлое, настоящее и будущее* // WWF RUSSIA / Дата обращения: 26.07.2021.
16. *Проект Стратегии долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года* // Минэкономразвития / Дата обращения: 26.07.2021.
17. *Указ Президента Российской Федерации от 30 сентября 2013 г. № 752 «О сокращении выбросов парниковых газов».*
18. *Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 апреля 2015 г. № 716-р «Об утверждении концепции формирования системы мониторинга, отчётности и проверки объёма выбросов парниковых газов в Российской Федерации».*
19. *Приказ Минприроды России от 30 июня 2015 г. № 300 «Об утверждении Методических указаний и руководства для количественного определения выбросов парниковых газов в организациях, осуществляющих хозяйственную и иную деятельность на территории Российской Федерации».*
20. *Распоряжение Правительства РФ от 3 ноября 2016 г. № 2344-р «Об утверждении плана реализации комплекса мер по совершенствованию государственного регулирования*
21. *Федеральный закон от 2 июля 2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов».*
22. Канищев М. В., Мешалкин В. П., Ульянов Л. М., Чибисов Р. Е. Принципы и подходы к установлению ставки карбонового налога и реализации проектов по карбоноэффективности в Российской Федерации // Москва, ANSELM, 2021.
23. *Gilbert E. Metcalf. Why Do Economists Like a Carbon Tax? // Paying for Pollution. Oxford University Press, 2019–01–09. P. 35–52.*
24. Канищев М. В., Мешалкин В. П., Ульянов Л. М., Чибисов Р. Е. Принципы и подходы к установлению ставки карбонового налога и реализации проектов по карбоноэффективности в Российской Федерации // Москва, ANSELM, 2021.
25. Канищев М. В., Мешалкин В. П., Ульянов Л. М., Чибисов Р. Е. Принципы и подходы к установлению ставки карбонового налога и реализации проектов по карбоноэффективности в Российской Федерации // Москва, ANSELM, 2021.

Цифровая трансформация и энергетика

Digital transformation and energy

Михаил ТЯГУНОВ
Профессор, д. т. н., НИУ «МЭИ»
e-mail: mtyagunov@mail.ru

Mikhail TYAGUNOV
Professor M.G., D.Tech.Sc, NRU MPEI
e-mail: mtyagunov@mail.ru

Производственно-диспетчерская служба

Источник: «Газпром»



Аннотация. В статье рассмотрены вопросы развития электроэнергетики в условиях цифровизации, которая разными специалистами понимается по-разному. При обсуждении этой проблемы во внимание принимаются факторы, оказывающие влияние на общественное сознание. Факторы, которые в действительности неразрывно связаны с физикой рассматриваемой энергетической системы и законами ее функционирования, остаются вне поля дискуссии. В статье сформулированы основные принципы построения электроэнергетических систем, при выполнении которых развитие энергетики в условиях неуправляемого развития интернета вещей выглядит предпочтительным. Отмечена необходимость рассмотрения энергетической системы, как объединения самобалансирующихся узлов (малых, средних и больших).

Ключевые слова: цифровизация, цифровая трансформация, энергетическая система, интернет вещей, энергопотребление, самобалансирование, безопасность энергоснабжения, новая парадигма развития энергетики.

Abstract. The article deals with the development of the electric power industry in the context of digitalization, understood in significantly different ways by different specialists: engineers, economists, information technologists and representatives of the mass media. It is noted that when discussing this problem, only those factors are taken into account that are considered more influencing the formation of public consciousness in this issue, and not those that are in fact inextricably linked with the physics of the energy system under consideration and the laws of its functioning. It is shown that among the most widely discussed approaches there is no one that could serve as a strategy for the development of the energy sector. The basic principles of constructing electric power systems are formulated, under which the development of energy in the conditions of the uncontrolled development of the Internet of Things looks preferable. The need to consider the energy system as a combination of self-balancing nodes (small, medium and large) is noted.

Keywords: digitization, digital transformation, energy system, Internet of things, energy consumption, self-balancing, security of energy supply, a new paradigm of energy development.

||

Мировая индустрия центров обработки данных потребляет в полтора раза больше электроэнергии, чем Россия или в 30 раз больше, чем г. Москва

Введение

В развитии энергетики сегодня можно отметить три важные тенденции. Первая связана с общей идеей цифровизации,

четвертой промышленной революцией, цифровой трансформацией и др.

Вторая и третья относятся непосредственно к энергетике, ее свойствам и структуре. Не выделяя их очередность или значимость, отмечу стремление к построению глобальной энергетической системы с одной стороны, и бурное развитие распределенной генерации с другой.

Масштаб дискуссии о цифровизации в большой степени обусловлен неясностью понятий и отсутствием строгих определений. Каждый использует понятие в собственной интерпретации, что не позволяет обсуждать связанные с этим темы на одном языке. Пожалуй, наиболее ясно классификация этих понятий дается в [1]:

1. Цифровизация – внедрение цифровых технологий в бизнес-модели компаний.
2. Индустрия 4.0 – концепция «умного производства» на основе промыш-

ленного интернета вещей, объединяющая физическое производство и операции с интеллектуальными цифровыми технологиями.

- Интернет вещей – глобальная сеть подключенных к интернету устройств, которые могут взаимодействовать между собой с помощью встроенных технологий передачи данных.
- Цифровая трансформация – внедрение современных технологий в бизнес-процессы предприятия, которое подразумевает фундаментальные изменения в подходах к управлению, корпоративной культуре, внешних коммуникациях. Цифровизацию, Индустрию 4.0 и интернет вещей можно назвать составляющими цифровой трансформации.

В приведенной классификации цифровизация – внедрение цифровых технологий обработки информации в производственные и управленческие процессы деятельности компаний. При этом следует подчеркнуть, что речь идет именно об обработке информации, представленной в цифровом виде, то есть в виде, пригодном для обработки вычислительными устройствами дискретного действия. Это, естественно, меняет процесс управления, замещая, например, бумажный документооборот электронным, повышает обоснованность принимаемых решений за счет возможности рассмотрения большего числа альтернативных вариантов, ускоряет процессы сбора, хранения, обработки и передачи информации, вносит в организацию работы компаний такие новые элементы, как дистанционная занятость или интернет-торговля, снижающие стоимость продукции за счет отказа от рабочих помещений. Нужно отметить,

Внедрение «умных» устройств в производство, распределение и потребление электроэнергии влияет на требования к безопасности энергосистем, которые уже становятся киберфизическими системами



Цифровые технологии на производстве
Источник: importfay.com

однако, что агропромышленное предприятие как выпускало сельскохозяйственную продукцию, так и будет выпускать ее, а металлургический завод так же будет производить металл, а не его виртуальный образ.

Индустрия 4.0 – стратегия правительства Германии, принятая многими странами мира из-за четкости формулировки основных позиций. В определении ясно сказано, что это объединение физическо-го производства с «умными» средствами управления, причем отдельные элементы технологического процесса получают возможность обмениваться информацией между собой, ускоряя и в некоторых случаях уточняя производственный процесс. При этом вид и количество элементов технологического процесса не уточняется, но понимается гораздо шире, чем просто части традиционных систем автоматического управления. Автоматизация и использование в управляющих системах различного оборудования, в том числе и современных цифровых вычислительных устройств, по мнению авторов концепции, характеризует 3-й этап индустриального развития. Четвертый, то есть нынешний, этап развития – это внедрение в производство комплексов, называемых киберфизическими системами, способных и принимать решения, и обрабатывать их в конкретной производственной операции. Из последних примеров можно привести изготовление отдельных деталей или даже строительных

конструкций с помощью 3D-принтеров. При этом согласование действий отдельных частей технологической цепочки может производиться без вмешательства человека путем обмена информацией между элементами этой системы.

Интернет вещей, как видно из определения, – это глобальная сеть, обеспечивающая обмен информацией между различными предметами промышленного, сельскохозяйственного, коммунального или бытового назначения. Это значит, что интернет вещей уже «встроен» в концепцию Индустрии 4.0.

Наконец, цифровая трансформация, по сути, объединяет все выше отмеченные системы и конструкции. Однако, это не добавляет ясности в понимание сути этого термина. Вот несколько примеров высказываний руководителей разного уровня различных организаций, которые довольно красочно иллюстрируют свободу понимания разными людьми одного и того же понятия [1].

«Цифровизация подразумевает модернизацию IT-составляющей, тогда как цифровая трансформация – это история про модернизацию бизнес-процессов компании, ее организационной системы», – сказал Алексей Никифоров, руководитель подразделения технологических решений Hitachi Vantara.

«Многие технологические компании проходят стадию цифровой трансформации

Чип компьютерный
Источник: mobilesyrup.com



Ученые Беркли еще 10 лет назад посчитали, что интернет потребляет от 170 до 307 ГВт мощности. Эта цифра не учитывала «облачные» хранилища и миллиарды вещей, уже подключенных к интернету

для того, чтобы выйти за рамки традиционного бизнеса и использовать новые информационные технологии. Максимально оперативно это получается реализовать технологическим гигантам и стартапам, которые быстро занимают цифровые ниши на рынке», – сказал Дмитрий Кривицкий, лидер стрима¹ «IT Трансформация» департамента цифрового бизнеса ВТБ.

Из сказанного понятно только одно: никакая цифровая трансформация не заставит людей питаться виртуальными продуктами, и никакая информация, в том числе и в цифровом виде, не будет передаваться без затрат энергии.

Цифровая трансформация и интернет энергии

Влияние массовой цифровизации во всех ее качествах не может не повлиять на энергетику, как отрасль производства, и на энергетические системы, как объединения промышленных и коммунально-бытовых потребителей, генераторов, систем транспорта и распределения энергии.

С одной стороны, на энергетику будет влиять рост потребления электроэнергии, с которым безусловно связан интернет вещей и информационные центры глобальной сети обмена информацией. Значит, сбалансировать этот рост будет возможно только путем наращивания мощности генерации, то есть путем увеличения объема использования первичных энергетических ресурсов разного рода.

¹ Термин «стрим» не вполне понятен в этом контексте: стрим (англ. stream – «поток») – трансляция действий, происходящих на компьютере или игровой консоли в режиме реального времени (URL: <https://myrouble.ru/cto-takoe-strim-i-kak-zarabotat-na-strimah/>) или STREAM.PM – подход (технология) построения методологий и систем управления проектами под потребности конкретного заказчика (URL: <https://blog.pmppractice.ru/2020/11/16/5730/>).



Дата-центр искусственного интеллекта в Google

Источник: america.cgtn.com

С другой стороны, внедрение «умных» устройств в технологические процессы производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии и тепла повлияет на структуру и требования к гарантированной надежности и безопасности работы энергетических систем, которые уже давно приобрели очертание современных кибер-физических систем.

Как же можно будет оценить рост потребления только электрической энергии за счет цифровизации и интернета вещей? По мнению одного из главных цифровизаторов нашего времени главы Сбербанка Германа Грефа [3], в 2020 году 20 миллиардов вещей будут подключены к интернету, и каждая из них будет каждую секунду генерировать данные. В начале 2021 года пока нельзя сказать, сколько миллиардов вещей подключено к интернету. Но вполне возможно, что число 20 миллиардов уже превзойдено. Если число способных к обмену информацией вещей будет увеличиваться экспоненциально, как обычно в период роста, то и энергопотребление будет увеличиваться по этому же закону.

Но кроме интернета вещей есть еще и «облачные» хранилища данных, которые позволяют наращивать объем обмена информацией и создавать этим новый бизнес – информационный. Рост возможности хранить свои данные в неограниченном объеме ведет к наращиванию этого объема и необходимости создания реальных физических центров хранения данных, называемых «облачными».

Исследователи из Калифорнийского Университета в Беркли и прилегающего

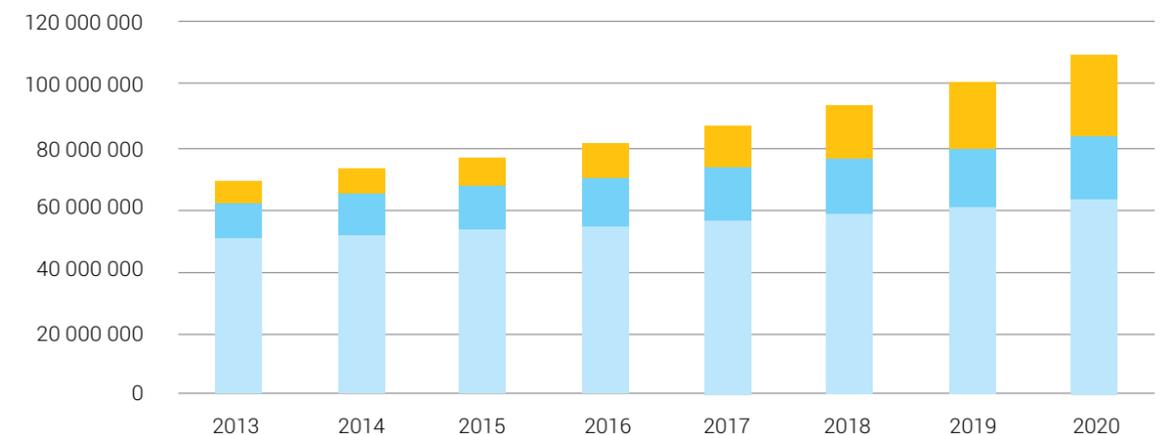
Потребление центров обработки данных составляет 180 ГВт в год, а если прибавить 20 млрд участников интернета вещей средней мощности, то будет еще 10 ГВт мощности, потребляемой вне графика

В развитии энергетики явственно наблюдается тенденция глобализации с развитием по двум направлениям: построение энергосистемы, повторяющей интернет и развитие глобальной энергосистемы

Международного компьютерного научно-го института соответственно, считают, что интернет уже потребляет от 170 до 307 ГВт электрической мощности [4]. И, хотя по оценкам 2011 года, это составляло около 2 % мирового электропотребления, нужно помнить, что это было посчитано 10 лет назад без тех «облачных» хранилищ, которые построены за это время и без учета миллиардов вещей, которые уже подключены к интернету и будут подключаться к нему в будущем.

Энергоснабжение дата-центра Apple в Мэйдене (Северная Каролина, США) обеспечивают 400 тысяч квадратных метров солнечных батарей, которые вырабатывают 42 миллиона кВт·ч в год. Этого хватает на обеспечение лишь около 60 % серверов и систем охлаждения [5]. Это значит, что на энергоснабжение этого дата-центра требуется еще 28 миллионов кВт·ч в год, что в сумме составит 70 млн кВт·ч, что примерно равно годовому потреблению российского города численностью 10 000 человек.

Рис. 1



Индустрия центров обработки данных развивается бурно, как видно из рис. 1 [6]. Конечно, это не только облачные хранилища данных – они показаны на рисунке серым цветом, но их доля неуклонно растет. Среднегодовое потребление центров обработки данных к 2020 г. должно было составить 180 ГВт, но данные придется скорректировать на влияние пандемии COVID-19. Тем не менее можно сказать, что мировая индустрия центров обработки данных потребляет в полтора раза больше электроэнергии, чем Российская Федерация (среднегодовое потребление Российской Федерации – 123 ГВт) или в 30 раз больше, чем г. Москва (среднегодовое потребление г. Москвы – 6 ГВт) [6].

А если к этому прибавить еще хотя бы 20 миллиардов участников интернета вещей средней мощностью (от компьютеров в 0,3–0,4 кВт до чайников, утюгов и пылесосов в 2 кВт) в 0,5 кВт, то получим еще 10 ГВт мощности, потребляемой вне всякого графика. При этом мы не учитываем потребителей интернета вещей в промышленности, мощность которых обычно превосходит мощность потребителей бытового назначения. Минэнерго России оценивает рост рынка цифровых технологий с 2020 до 2025 г. только в энергетике в 1,2 раза, как видно из рис. 2 [7].

Второй аспект важного влияния цифровизации на энергетику состоит в изменении самих энергетических систем и правил их взаимодействия.

XIII ежегодная конференция (24 марта 2021 года) «Российская энергетика: как обеспечить баланс в новых условиях» сформулировала следующие проблемы и рекомен-

дании [8]: «В 2020 упало потребление электроэнергии – сразу на 2,4 %, если смотреть в среднем за год, но в отдельные периоды фиксировалось падение более 6 % (данные СО ЕЭС)... Часть энергопотребления была перенесена на население. «Удаленка» сделала свое дело, что в свою очередь вызвало повышение задолженности на энергорынке... Все эти процессы заставляют задумываться о скором пересмотре правил национального рынка электрической энергии и формировании новой парадигмы функционирования энергосистемы».

энергетика: как обеспечить баланс в новых условиях».

В развитии энергетики явственно наблюдается тенденция глобализации с развитием по двум разным направлениям: первое – построение энергетической системы, структурно и функционально повторяющей глобальную сеть Интернет [9,10]; второе – развитие глобальной энергетической системы на принципах Организации по развитию и кооперации глобального энергетического объединения (GEIDCO) [11]. На конференции 23 марта 2021 г. в Пекине² GEIDCO презен-

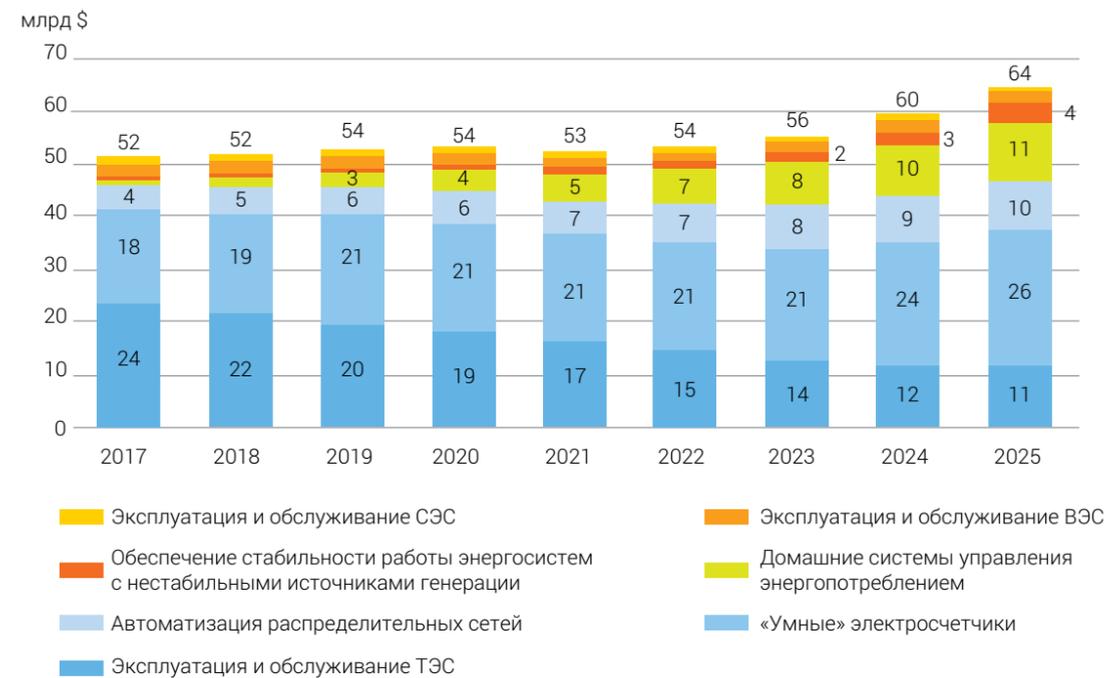


Рис. 2

Новая парадигма развития энергетики

Новая парадигма развития энергосистем уже частично определилась в программах развития распределенной генерации. Минэнерго России отмечает преимущественный рост распределенной генерации в структуре установленной мощности стран мира, что хорошо видно на рис. 3. В то же время основная модель Единой энергосистемы России, рынка электроэнергии и мощности не претерпевают изменений, о которых только собираются задуматься, как отмечено выше в рекомендации конференции «Российская

товала новую информационную платформу «Мир энергетических взаимосвязей» как часть глобальной энергетической инициативы и развития «зеленой» и низкоуглеродной энергетики.

Глобальная энергетическая система должна стать основой систем электроснабжения будущего [11]. В основу подхода положено сооружение мощных электростанций на возобновляемых источниках энергии в труднодоступных, но обладающих высоким энергетическим потенциалом районах, связанных с потребителями энергии линиями передачи постоянного тока сверхвысокого напряжения.

² URL: <http://eepr.ru/news/item/14826-geidco-wei.html>

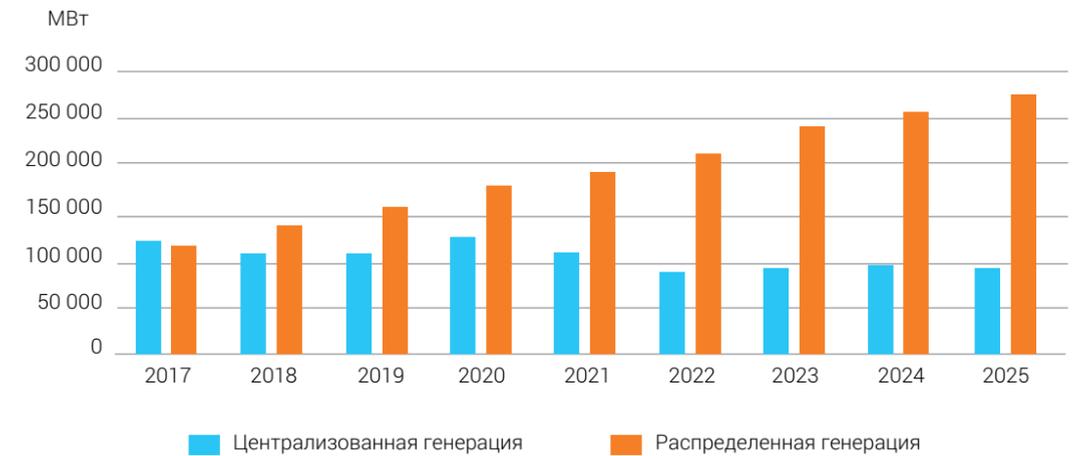


Рис. 3

Глобальная энергетическая инициатива предлагает решение проблемы устойчивого развития в области энергетики, климата, окружающей среды и ресурсов, а также в инфраструктурном строительстве, модернизации промышленности, технологических инновациях и экономическом росте стран-участниц.

Другой подход отражен в документах Национальной технологической инициативы «Энерджинет» [10]. Интернет энергии понимается как «кибер-физическая инфраструктура для информационных систем децентрализованного интеллектуального (роботизированного) управления энергосистемами, энергоузлами, системами электроснабжения и интеграции в них распределенных активных потребителей электрической энергии, распределенных источников энергии и энергетической гибкости³». В качестве одной из реализаций подхода предложена IDEA (Internet of Distributed Energy Architecture) – тип децентрализованной электроэнергетической системы, в которой реализовано интеллектуальное распределенное управление, осуществляемое за счет энергетических транзакций между ее пользователями.

Транзакция – базовое понятие, используемое в данном подходе. Энергетическая транзакция определяется как акт взаимодействия двух и более субъектов энергосистемы, которая состоит из трех слоев энергоинформационного обмена:

- финансово-договорного,
- информационно-управляющего,
- физического (электрического).

³ URL: <https://energy.net.ru/>

Взаимодействие транзакций представлено на рис. 4. В архитектуре IDEA оно строится на объединении трех систем: Transactive energy – система формирования, контроля исполнения и оплаты смарт-контрактов; Internet of Things – система межмашинного взаимодействия и обмена управляющими воздействиями между энергетическим оборудованием; Neural Grid – система, обеспечивающая режимное управление и поддержание статической и динамической устойчивости энергосистемы.

Если системы финансово-договорные и информационно-управляющие не вызывают какого-либо непонимания при объединении их в сеть, что уже сделано во многих отраслях и производствах, то «техническое соединение устройств с электрической сетью выполняется по принципу plug and play с гарантированным поддержанием статической и динамической устойчивости системы, несмотря на большое количество

Энергоснабжение дата-центра Apple в Мэйдене обеспечивают 400 тыс. м² солнечных батарей, вырабатывающих 42 млн кВт·ч в год. Этого хватает лишь на 60% серверов и систем охлаждения



Рис. 4

влияющих друг на друга устройств пользователей» [10, 12] не так ясно сформулировано, как требуется для реализации.

В источнике [12] процедура функционирования интернета энергии представлена следующим образом:

«Пользователи взаимодействуют с интернетом энергии через приложения, которые работают с платформой Transactive Energy и формируют смарт-контракт.

Из Transactive energy информация об обязательствах по смарт-контракту

Энергетическая транзакция – это взаимодействие субъектов системы, которая состоит из трех слоев энергоинформационного обмена: финансово-договорного, информационно-управляющего и физического

передается в систему Internet of Things, происходит согласование режимов работы оборудования.

Из системы Internet of Things на оборудование системы Neural Grid поступают параметры режима.

Система Neural Grid установит новый режим и передаст фактические данные об электрических параметрах обратно в систему Internet of Things.

Система Internet of Things за счет измерений подтверждает факт исполнения смарт-контрактов, сформированных в Transactive Energy.

Система Transactive Energy отобразит исполнение смарт-контракта путем перераспределения денежных средств между пользователями согласно его условиям.

Система Neural Grid может посылать через систему Transactive Energy запрос на дополнительные ресурсы в случае невозможности установить требуемый режим.

Интернет энергии через систему Neural Grid подключается к распределительным электрическим сетям и устанавливает электрическую связь с внешней, централизованной энергосистемой.

Традиционные автоматизированные системы управления могут обмениваться данными с приложениями».

Эта длинная цитата позволяет понять: что именно ожидается от построенной по предлагаемому принципу объединению, регулируемого в режиме оперативного управления.

Однако, известно, что оперативное управление обеспечивает бесперебойное энергоснабжение потребителей при условии наличия достаточных резервов, обеспечивающих гарантию непрерывных поставок. А это условие обеспечивается планированием ресурсов и резервов, которые должны быть обеспечены необходимыми энергоресурсами. Они, в свою очередь, должны быть добыты и подведены к объекту генерации. Таким образом, в рамках системы управления энергетической системой должен быть реализован комплекс задач планирования и оперативного регулирования, привязанный к временным характеристикам энергоснабжения, производства электроэнергии, распределения энергоресурсов, в том числе возобновляемых. Следовательно, не трудно понять, что приведенная выше модель не может быть

Цифровой двойник НПЗ

Источник: keywordbasket.com



Стратегия развития энергетики должна строиться на объединении самобалансирующихся энергоузлов, которые могут свободно переходить на работу с внешней энергосистемой и отключаться от нее

общей моделью построения энергосистемы будущего.

Но и система глобальной энергетики, предлагаемая моделью GEIDCO, не может гарантировать устойчивое развитие, так как мир стал очень чувствителен к политическим колебаниям, торговым войнам и санкционной борьбе. Экономические средства стали новым оружием, которое активно применяется в новой информационно-экономической борьбе, которую пока еще не хотелось бы

Степень обеспеченности каждого энергорайона может быть разной, но он должен обеспечивать свои критические нужды самостоятельно. Это вопрос не экономики, а вопрос выживания энергосистемы

называть войной. Поэтому идеальная для утопий XVIII и XX веков глобальная энергетическая система вряд ли принесет человечеству XXI века благоденствие, так как локальные противоречия станут влиять на международные отношения все в большей мере.

Отсюда следует, что энергетическая стратегия стран должна строиться на принципах дружелюбности к природе (это наша общая среда обитания), максимальной независимости от внешних поставщиков энергии или энергоресурсов, использования собственных ресурсов первичного и вторичного передела, привлечения человеческих ресурсов, которые будут нести свои, а не привнесенные, ценности, создающие и сохраняющие каждое из существующих обществ.

Простым выражением этой общей стратегии в части энергетики будет построение любой энергосистемы – от малой муниципальной до национальной и межнациональной, в том числе глобальной, по принципу содружества самообеспеченных энерго-

районов. Степень обеспеченности каждого энергорайона может быть разной, но каждый должен обеспечивать свои критические нужды самостоятельно. И это будет лежать за пределами понятий экономики. Это будет вопросом выживания.

Может ли такой принцип реализоваться в рамках существующих подходов к управлению энергосистемами? Может и уже реализуется. В [13] дано частичное описание системы управления системой, связанной с внешней энергосистемой перетоков положительной, отрицательной и нулевой величины. Это значит, что идея соединения в единую энергетическую систему самобалансирующихся энергоузлов уже имеет вполне реальное воплощение.

Заключение

Из выше сказанного следует, что существует множество различных подходов к развитию принципов и путей строительства энергетики будущего.

Существуют подходы глобального развития, строящиеся на принципах интернета вещей и других систем всемирного распространения.

Однако, глобализация не должна влиять на индивидуальность развития отдельных стран и регионов, что делает необходимым их ориентацию на самообеспечение при сохранении разумного разделения труда.

Отсюда стратегия развития энергетики должна строиться на основе объединения самобалансирующихся энергоузлов, имеющих возможности свободно переходить на параллельную работу с внешней энергосистемой и так же свободно отключаться от нее по мере необходимости.

Интеллектуальные приборы учета, «Россети»



Источник: djv-com.org



Солнечная система Messe Basel

Источник: iwbc.ch

Использованные источники

1. Алейник Н. Что такое цифровая трансформация и чем она отличается от цифровизации и Индустрии 4.0 // [Электронный ресурс] URL: <https://rb.ru/story/what-is-digital-transformation/> (дата обращения 11.12.2019).
2. Ерошенко С. А., Карпенко А. А., Кокин С. Е., Паздерин А. В. Научные проблемы распределенной генерации // Проблемы энергетики. № 11–12, 2010. С. 126–133.
3. Греф: интернет вещей приведет к вторжению в персональные данные людей // [Электронный ресурс] URL: <https://ria.ru/20161028/1480201957.html> (дата обращения 28.10.2016 (обновлено: 03.03.2020)).
4. Сколько энергии использует интернет? // [Электронный ресурс] URL: <https://texnomaniya.ru/internet-news/skolko-jenergii-ispolzuet-internet.html> (Опубликовано: 1–11–2011).
5. Где хранится интернет: 10 супермощных дата-центров // [Электронный ресурс] URL: <https://bigpicture.ru/gde-xranitsya-internet-10-supermoshnyx-data-centrov/>
6. Солодовников А. Тенденции мирового рынка ЦОДов. Актуальные вопросы // [Электронный ресурс] URL: http://spb.dcforum.ru/sites/default/files/10.20uptime_institute_iks_spb_oct_2017.pdf (октябрь 2017 г.).
7. Цифровизация энергетики // [Электронный ресурс] URL: <https://in.minenergo.gov.ru/energydet/docs/Цифровая%20энергетика.pdf>
8. «Российская энергетика: как обеспечить баланс в новых условиях?» XIII ежегодная конференция (24 марта 2021 года) // [Электронный ресурс] URL: <https://events.vedomosti.ru/events/electro21>
9. Тягунов М. Г. Цифровизация и управление в распределенных энергетических системах с ВИЭ // в кн. Цифровая энергетика: новая парадигма функционирования и развития / под ред. Н. Д. Роголева. М.: Издательство МЭИ, 2019. С. 187–203.
10. Экспертно-аналитический доклад «Цифровой переход в электроэнергетике России под ред. В. Н. Княгинина и Д. В. Холкина, 2017 // [Электронный ресурс] URL: https://www.csr.ru/uploads/2017/09/Doklad_energetika-Web.pdf
11. Лю Чжэнья. Глобальное энергетическое объединение // Чжэнья Лю. М.: Издательский дом МЭИ, 2016.
12. Internet of Distributed Energy Architecture – Архитектура интернета энергии – тип децентрализованной электроэнергетической системы, в которой реализовано интеллектуальное распределенное управление, осуществляемое за счет энергетических транзакций между ее пользователями // [Электронный ресурс] URL: <https://idea-go.tech/>
13. Волкова Т. А., Лыкин А. В., Фишов А. Г., Энхсайхан Э. Распределенный расчет установившихся режимов электрических сетей // Электроэнергия. № 1 (58), 2020. С. 28–33.

«Умные электростанции» – цифровое будущее энергетики

«Smart Power Plant» – the digital future of energy

Вячеслав МАРТЫНОВ
Заместитель генерального директора по
оперативному управлению, Теплотехнический
научно-исследовательский институт (ВТИ), к. т. н.
e-mail: vvm@vti.ru

Vyacheslav MARTINOV
PhD in engineering, Vice General Manager All-Russia
Thermal Engineering Institute (VTI)
e-mail: vvm@vti.ru

Наталья ЗОРЧЕНКО
Заведующая отделением автоматизации ВТИ, к. т. н.
e-mail: NVZorchenko@vti.ru

Natalia ZORCHENKO
PhD in engineering, department chief of automation, VTI
e-mail: NVZorchenko@vti.ru

Дмитрий ПАНФИЛОВ
Генеральный директор ВТИ
e-mail: vti@vti.ru

Dmitriy PANFILOF
General Manager, VTI
e-mail: vti@vti.ru

ТЭЦ

Источник: ts16eco.com



Аннотация. В статье рассмотрены процессы цифровизации и создания интеллектуальных систем управления тепловых электростанций. Сформулированы основные проблемы отрасли по цифровизации электроэнергетики и предложена концепция построения информационной системы «умная электростанция». Приведены основные цели и задачи создания информационной системы «умная электростанция», даны характеристики и особенности системы.

Ключевые слова: тепловая электростанция, мониторинг состояния, оптимизация работы, цифровизация, автоматизация, интеллектуальные системы, «умная электростанция».

Abstract. The article describes the current situation in terms of digital processing and the creation of intelligent control systems for thermal power plants. The main problems of the digital power industry are formulated and the concept of the information system «Smart Power Plants» is proposed. The main goals and objectives of creating the «Smart Power Plant» information system, the main characteristics and features of the system are given.

Keywords: power plant, condition monitoring, performance optimization, digitalization, automation, intellectual system, controlling, Smart Power Plant.



**На данный момент
уже имеется задержка
в части выработки
решений по
цифровизации
теплотехнической
части энергетики
на несколько лет**

Текущее состояние цифровизации электроэнергетики

Цифровизация промышленности стала одной из основных технологических задач в России. Это, в свою очередь, требует создания и внедрения интеллектуальных информационных систем. Большинство компаний понимают, что в настоящее время и, тем более, в будущем добиться успеха можно, только используя безопасные современные цифровые решения. Работы в этом направлении ведутся во многих отраслях народного хозяйства, в научных организациях, в компаниях, предоставляющих услуги, связанные с разработкой и внедрением информационных технологий.

Энергетика, как консервативная отрасль, только начинает изучать методологию создания и подходы к реализации таких проектов. Для снижения аварийности и повышения бесперебойности потребителей теплом и электроэнергией необходимо обновлять устаревшее оборудование на более эффективное, внедрять «интеллектуальные» системы автоматического управления с возможностью создавать архивы информации – накапливать большие данные (big data), мгновенно получать актуальные или архивные сводки о текущем состоянии энергообъекта и оперативно реагировать на любые изменения.

В ряде электротехнических компаний уже ведутся работы по созданию цифровых двойников и систем предиктивной аналитики технологических объектов с применением методов искусственного интеллекта. Активная работа ведется в электросетевом направлении (проекты «умная подстанция», «умная сеть»), в сфере жилищно-коммунального хозяйства («умный город»).

В теплоэнергетике только недавно заговорили о необходимости решения подобных задач. В силу технологических особенностей и используемых принципов управления в электротехнической части энергетики проще и быстрее перейти к цифровизации, чем, в так называемой, «генерирующей», особенно тепловой. В первом случае, прежде всего, используется релейно-логическое управление и дискретное описание объектов, во втором – очень разнообразные принципы администриро-

вания, зачастую, в условиях значительных информационных ограничений. Например, возникновение пульсаций в камерах сгорания и газодинамические процессы, приводящие к быстро развивающимся дефектам рабочих лопаток газовых турбин, достаточно сложно поддаются оперативному анализу и математическому моделированию. Здесь может быть недостаточно обязательных датчиков температуры, вибраций и др. даже при длительном накоплении массива обрабатываемых данных для построения эффективной системы предиктивной аналитики.

Кроме того, на российских электростанциях только начинают внедрять воз-



Цифровизация работы ТЭС

требует дополнительной подготовки персонала
Источник: IgorVetushko / Depositphotos.com

можность удаленного подключения к информационным системам мониторинга или архивирования оперативных данных экспертов, специалистов – технологов, создавая распределенный центр анализа и принятия решений.

Тепловая электростанция (ТЭС) – один из наиболее сложных технических объектов для управления. Она включает в себя различные технологические системы с разными динамическими характеристиками и принципиально отличающимися принципами управления: котельное, турбинное электротехническое оборудование, топливо и водоподготовка, системы, обеспечивающие выполнение экологических требований (сероочистка, золоулавливание и др.)

и другие необходимые вспомогательные системы. Все эти системы связаны между собой и влияют друг на друга.

В то же время, к уже существующим требованиям по эксплуатации ТЭС, направленным, прежде всего, на обеспечение надежности и безопасности энергоснабжения, в последнее время добавились достаточно жесткие экологические требования [1]. А обеспечение экономичности работы оборудования особенно в переменных (пусковых) режимах – традиционная задача оптимизации для ТЭС. Решение всех этих вопросов невозможно без перехода на новый уровень управления, использующий технологии цифровизации, максимально возможной автоматизации, мониторинга и оптимизации, то есть построения системы «умная электростанция», которая может быть интегрирована с другими интеллектуальными, в том числе, внешними системами.

Зарубежный опыт применения указанного подхода показывает, что он позволяет решать очень сложные задачи и получать существенные экономический и технический эффекты. Например, контроль состояния трубопроводов ТЭС в режиме реального времени – достаточно сложная задача, так как, при эксплуатации чаще всего измеряются только давление и температура пара. В системе мониторинга, реализованной VGB, сочетание моделирования и необходимых измерений позволяет точно определить дополнительные нагрузки и их влияние на состояние трубопроводов во всех возможных режимах работы, в том числе и тех, которые не могут быть учтены при проектировании, и осуществлять [2]:

- непрерывный мониторинг перемещений креплений трубопроводов;
- оповещение о непредусмотренных напряжениях, что позволяет избежать сокращения срока службы оборудования;
- выявление особенно сильно нагруженных участков трубопровода, что позволяет в процессе плановых проверок и обследований уделять внимание именно этим участкам, снижая затраты на обследование в целом.

Для оптимизации управления процессом горения на ряде зарубежных пылеугольных ТЭС уже сейчас используется система расширенного мониторинга с применением «умных» технологий, ко-



Команда компьютерных инженеров

Источник: Gorodenkoff / Depositphotos.com

торая формирует набор периодических и стохастических характеристик, дающих оптимальную информацию о тонкости помола, состоянии мельницы, изменениях расхода угольной пыли в каждой трубе. Эти данные и данные, поступающие от автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) котла, обрабатываются с помощью алгоритмов, построенных на основе самообучаемых нейронных сетей. Это позволяет прогнозировать в режиме реального времени характеристики технологического процесса, например, температуру дымовых газов, содержание кислорода и выбросов вредных веществ (оксидов азота, серы и др.) в дымовых газах, сымитировать управляющие воздействия и проанализировать реакцию на них. Полученный оптимальный алгоритм для корректировки регулируемых переменных в режиме реального времени поступает в АСУТП котла для реализации интеллектуального управления [2].

В то же время на российских пылеугольных ТЭС, как правило, обычное регулирование нагрузки представляет трудности, особенно в части обеспечения точности поддержания мощности, соответственно, оптимизация экологических характеристик в данном случае просто не может быть выполнена.

В целом на данный момент уже имеет место задержка в части выработки решений по цифровизации теплотехнической части энергетики на несколько лет. Это может привести к отставанию отрасли в целом. По экспертной оценке, уже в ближайшие год – два данный факт может вызывать технические и организационные трудности при эксплуатации оборудования ТЭС. Это потребует существенных затрат со стороны генерирующих компаний и может поставить их в зависимость от владельцев разработанных технических решений по цифровизации, которые будут более дорогостоящими в теплотехнической, чем электротехнической части энергетики.

В системе мониторинга VGB сочетание моделирования и измерений позволяет точно определить дополнительные нагрузки и их влияние на состояние трубопроводов во всех возможных режимах работы

Нормативные документы, определяющие эксплуатацию ТЭС, уже сейчас во многом устарели. В случае дальнейшей цифровизации отрасли этот разрыв может привести к проблемам в эксплуатации

Следует отметить, что нормативные документы, определяющие эксплуатацию теплотехнической части тепловых электростанций, уже сейчас во многом устарели. В случае дальнейшей цифровизации отрасли этот разрыв будет более ощутимым и может привести к проблемам в эксплуатации. Поэтому необходимо параллельно решать две задачи: цифровизацию отрасли и её нормативное сопровождение. В электротехническом (сетевом) и энергосистемном направлениях, например «СО ЕЭС», НТЦ «ФСК», «Россети», используется именно такой подход. При этом:

- отдельные положения развития электроэнергетики на базе SMART GRID («умные сети») включены в Энергетическую стратегию России;
- в ПАО «ФСК ЕЭС» инициирована программа инновационного развития магистральных электрических сетей на базе интеллектуальных технологий;
- в МРСК реализуются отдельные точечные проекты «умного города»: интеллектуальные системы учета, «умная (цифровая) подстанция».

Аналогичный подход, на наш взгляд, следует использовать и при цифровизации «генерирующей» энергетики, прежде всего, тепловых электростанций – одновременную (параллельную) актуализацию документов, устанавливающих нормы и правила эксплуатации, разработку и введение в действие новых актов, кодификацию законодательства.

Сейчас в области цифровизации компаниям не хватает инновационного комплексного подхода, доверия в защищенность данных и умения адаптировать цифровые технологии к существующим бизнес-процессам. Борьба за клиента требует от производителей новых бизнес-подходов – предоставления более качественного сервиса и более удобного до-



Цифровая ПС 110 кВ Медведевская
Источник: «Россети»

ступа к разнообразным услугам «экосистемы», предугадывание поведения клиента. На первый план выходят скорость реакции на действия клиента и бесшовное перемещение между сервисами.

Цифровые экосистемы появились на Западе, существенного развития национальные экосистемы достигли в США и Китае, а в России они только зарождаются. В Минэкономразвития РФ разработана концепция государственного регулирования цифровых платформ и экосистем, направленная на создание сбалансированных регуляторных условий для участников цифровых рынков в целях развития национальной экономики, обеспечения безопасности и технологической независимости.

Указом президента РФ 13 мая 2019 г. утверждена Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации, конкретизирующая, в том числе, стратегию научно-технологического развития и основы государственной политики в области энергетики. В документе определены не только внутренние и внешние вызовы и угрозы в области энергетической безопасности, но и связанные с ними риски.

Так, трансграничным вызовом энергетической безопасности является мировое развитие и распространение прорывных технологий в сфере энергетики, в том числе, цифровых и интеллектуальных технологий.

К основным рискам справедливо следует отнести несоответствие технологического уровня отечественных предприятий энергетики современным мировым требованиям и чрезмерная зависимость их деятельности от импорта некоторых видов оборудования, технологий, услуг, программного обеспечения, усугубляющаяся монопольным положением их поставщиков. Недостаточная инновационная деятельность, ориентация на импорт технологий вместо развития отечественного научно-технологического потенциала являются, пожалуй, одной из ключевых проблем, решение которой следует начинать безотлагательно уже сейчас. При этом текущее состояние нормативно-правовой базы в настоящее время является одним из сдерживающих факторов внедрения инновационных технологий в сфере энергетики, в первую очередь, современных интеллектуальных информационных систем.

«Умные системы»: «умные электростанции»

В последнее время вектор развития информационных систем направлен преимущественно на создание «умных систем» – это собирательное название для интеллектуальных информационных систем, которым присуща высокая степень внутренней самоорганизации и большое количество обратных связей.

Основная идея их применения состоит в использовании распределенных, как правило, цифровых датчиков и информационных систем, взаимодействующих между собой для максимального обеспечения удобства человека и высокоэффективного производства. «Умная система» способна

Недостаточная инновационная деятельность, ориентация на импорт технологий вместо развития отечественного научно-технологического потенциала являются, пожалуй, одной из ключевых проблем

Цифровая ПС 110 кВ Медведевская

Источник: «Россети»



долго и бесперебойно функционировать самостоятельно без привлечения человека, выполняя действия по заложенным отработанным алгоритмам, и, накапливая информацию с возможностью обучения, реагировать на изменения в окружающей среде.

Одна из основных задач «умного» предприятия – прогнозирование и предупреждение о возникновении ситуаций, которые потенциально могут снизить производительность, точность или качество. В термин «умного предприятия» также закладывается способность подбора правильного варианта возможной реакции из множества

экологическое). При этом необходимо осуществление постоянного мониторинга операции, непрерывное обучение, информирование.

2. Самовосстановление или «мягкое» отключение. При аварийных ситуациях или выходе из строя ключевых элементов системы должно быть предусмотрено переключение на резервное оборудование, оперативное информирование «дружественных» систем и возможность отключения в целях предупреждения аварийного повреждения системы по алгоритмам с минимальными негативными



Цифровая ПС 110 кВ имени М.П. Сморунова

Источник: «Россети»

альтернатив, основанного на результатах «предсказания» с учетом поставленной цели.

Основываясь на базовых определениях «умных систем», можно выделить основные отличительные черты «умной электростанции»:

1. Способность к «умному» действию и «умному» реагированию. Основная цель – обеспечить максимальное эффективное (оптимальное) функционирование оборудования (технологическое, экономическое,

последствиями как для самой системы или ближайшего окружения, так и для потребителей.

3. Оперативное реагирование. Эксплуатационный персонал, оборудование, информационные системы, базы данных должны быть интегрированы между собой и осведомлены о текущем состоянии друг друга. Датчики, исполнительные механизмы, оборудование должны уметь обрабатывать информацию и выполнять самоанализ. Каждое тех-

ническое устройство должно быть способно определить своё текущее состояние и сообщать об этом связанным с ним устройствам.

4. Реакция на внештатные ситуации. Оборудование «умной» электростанции должно быть способно обнаружить внештатные ситуации и среагировать на них. Постоянный мониторинг, диагностика, самообучение системы позволяют ей функционировать и принимать решения в зависимости от изменения обстоятельств.
5. Персонал. Сотрудники «умной электростанции» должны обладать всей полнотой знаний, иметь возможность принимать решения, уметь выполнять необходимые действия, обеспечивающие эффективную и надёжную эксплуатацию оборудования.
6. Доступ к информации. Должен быть обеспечен доступ к необходимой информации для функционирования оборудования в любой момент его работы при соблюдении конфиденциальности и требований к надёжности хранения и обработки информации. Для предотвращения аварий должен осуществляться постоянный сбор, мониторинг и анализ данных с помощью системы в реальном времени.
7. Обеспечение сопротивления кибератакам и другим негативным влияниям, в том числе реализация информационной и энергетической безопасности.
8. Оптимизация управления технологическими процессами и производственными активами. В целях повышения эффективности процессов эксплуатации и ремонтов, в том числе, ремонта оборудования по состоянию, «умная» электростанция должна быть оснащена «умной» системой управления производственными активами с применением методов искусственного интеллекта и онлайн-мониторинга их функционирования.

Таким образом, «умная электростанция» – комплексное информационно-техническое решение с использованием искусственного интеллекта, позволяющее, в том числе, путем повышения уровня ав-

томатизации технологических и управленческих (организационных) процессов, оптимизировать управление электростанцией, повысить эффективность, экономичность и надёжность эксплуатации, снизить количество аварийных ситуаций и внеплановых остановок, а также сократить время на восстановление или ремонт оборудования.

Цель и задачи создания «умной электростанции»

С учётом существующего динамичного мирового развития и внедрения передовых технологий в сфере энергетики следует отметить отсутствие проработанных подходов и принципов по интеграции АСУТП, автоматизированных систем



Персонал на учениях по ликвидации аварий

Источник: «Россети»

управления предприятием (АСУП) и корпоративных информационных ресурсов в единую систему управления электростанции (энергообъекта). Данный факт очень остро ставит вопрос о необходимости разработки и внедрения современной интеллектуальной системы управления производственно-технологическими и сопутствующими производству бизнес-процессами. При этом современный уровень развития автоматизации процессов и цифровых технологий позволяет с уверенностью говорить о возможности создания такой системы.

Немаловажное значение имеют задачи по совершенствованию государственного управления в области обеспечения энергетической безопасности, которые предполагают создание системы управления рисками, обеспечение взаимодействия с государственными информационными системами, системами мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций на объектах энергетики. Необходимо обеспечить технологическую независимость объектов энергетики в части импортозамещения информационных технологий и программного обеспечения, развития отечественного научно-технологического потенциала, освоения передовых методов производства в сфере энергетики, создания центров компетенций, предотвращения критического отставания в развитии цифровых и интеллектуальных технологий.

Очевидно также, что цели и задачи создания информационной системы «умная электростанция» полностью соответствуют целям, принципам и задачам обеспечения энергетической безопасности, определённым Доктриной энергетической безопасности Российской Федерации.

Таким образом, одной из основных задач цифровизации энергетики в настоящее время должна стать разработка отечественной интегрированной интеллектуальной информационной системы «умная электростанция» (ИС УЭС) с использованием технологий искусственного интеллекта для автоматизации разумного поведения её технических систем и бизнес-процессов и минимизации участия человека в управлении оборудованием и принятии управленческих решений по обеспечению жизнедеятельности электростанции в процессе эксплуатации и ремонта.

Необходимо отметить, что для эффективного и полноценного перехода на новый уровень управления и эксплуатации ТЭС – уровень «умной электростанции» – необходимо не только создание и внедрение ИС УЭС в технологических процессах ТЭС и других энергетических предприятий, но и соответствующее нормативно-правовое обеспечение. Параллельно созданию ИС УЭС должна быть обязательно проведена разработка и актуализация необходимых положений энергетической политики в генерирующем секторе энергетики и нормативно-технических и других регламентирующих документов и актов, включая требования о ценообразовании, об экологии, кибербезопасности и др.



Тайчжунская ТЭС
Источник: *endcoal.org*

Функциональные требования «умной электростанции»

При создании «умной электростанции» должны использоваться методы и технологии управления, обеспечивающие надёжную и эффективную эксплуатацию технологического оборудования. С учетом современных требований к быстродействию, объёму информации и возможностям оптимизации необходимо использовать, в том числе, методы и технологии интеллектуального управления.

Функционал системы должен обеспечить возможности интеллектуального управления и технического обслуживания электростанции. Его можно условно разделить на несколько основных блоков управления:

- производственными процессами;
- техническим обслуживанием и ремонтами;
- бизнес-процессами.
- интеллектуальное управление производственными процессами на электростанции:
 - интеллектуальное управление технологическим процессом производства электроэнергии;
 - интеллектуальное планирование режимов работы электростанции в соответствии с действующими регламентами.

- интеллектуальные цифровые двойники энергоблоков и цехов электростанции:
 - интеллектуальный цифровой двойник – единый центр контроля за работой энергоблоков и цехов электростанции. Модель (цифровой двойник) должен соответствовать реальным условиям эксплуатации электростанции и постоянно наполняться актуальными данными о работающем объекте;
 - получение агрегированной информации должно осуществляться, в том числе, путем интеграции информационной системы «умная электростанция» с действующими информационными системами.
- интеллектуальное управление техническим обслуживанием и ремонтами:
 - интеллектуальный автоматический контроль технического состояния и диагностика оборудования;
 - автоматический учет наработки по всем единицам оборудования и автоматическое планирование объемов ремонтных работ.
- интеллектуальное управление бизнес-процессами на электростанции:
 - автоматическое формирование технико-экономической отчетности;
 - автоматическое формирование первичных документов.
- интеллектуальная система безопасности – современное решение от несанкционированного внешнего, а также внутреннего доступа к оборудованию и информационным системам электростанции:
 - интеллектуальное управление физическим доступом транспорта и персонала;
 - интеллектуальное обеспечение кибербезопасности электростанции.

Заключение

«Умная электростанция» во многом определит дальнейший вектор развития техники и технологий в энергетике, информационных систем и систем автоматического управления, направленных по оптимизации технологических процессов электростанций, нормативных документов, регламентирующих создание и эксплуатацию электростанций. Такая работа концептуальна для развития электроэнергетики в России на ближайшие десятилетия и, в первую очередь, определяет энергетическую безопасность страны.

«Умная электростанция» является одним из важных, если не основных, элементов будущей электроэнергетической системы России, которая уже сейчас постепенно трансформируется в инфраструктуру нового типа – интеллектуальную энергосистему. Задачи, которые должны быть решены при создании интеллектуальной информационной системы, направлены, прежде всего, на обеспечение импортозамещения и энергобезопасности страны, минимизацию негативного влияния на окружающую среду, удовлетворения энергетических запросов общества с максимальной эффективностью и оперативностью за счет организации гибкого технологического взаимодействия всех её элементов на базе развития надежных и безопасных цифровых технологий и технологических систем оптимизации процессов.

Для перехода на новый уровень управления и эксплуатации ТЭС – уровень «умной электростанции» – необходимо не только создание и внедрение ИС УЭС в технологических процессах ТЭС и других энергетических предприятий, но и соответствующее нормативно-правовое обеспечение. Должна быть проведена разработка и актуализация необходимых положений энергетической политики в генерирующем секторе энергетики и нормативно-технических и других регламентирующих документов и актов, включая экологические, надёжностные и др. требования.

Использованные источники

1. Федеральный закон № 96-ФЗ от 4 мая 1999 г. «Об охране атмосферного воздуха».
2. Чаплин А.Г., Каленская М.К., Радькова О.В., Зорченко Н.В.

Применение систем оптимизации эксплуатации оборудования пылеугольных ТЭС за рубежом / Электрические станции. № 5, 2018. С. 15–21.



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

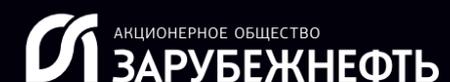


Оформить подписку на журнал «Энергетическая политика» на 2021 год можно через филиалы агентства «Урал-пресс», либо в ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. По вопросам подписки звонить по телефону +7-910-463-53-57. Стоимость подписки на полугодие (6 номеров) составит 10 700 рублей. В каждом номере – аналитические обзоры, авторские колонки, материалы научного и научно-прикладного характера. Будь в курсе основных направлений развития ТЭК!

energypolicy.ru

НАШИ ПАРТНЕРЫ

 ПРОВОМСЫРЬЕИМПОРТ





ISSN 2409-5516

Источник фото на обложке:
vencav / Depositphotos.com