

РГАСНТИ 44.09.29

ISSN 2409-5516

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№1(155), январь 2021



Тема номера

**ТРАНСФОРМАЦИЯ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ И НОВЫЕ ВАРИАНТЫ
ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ПОСТКРИЗИСНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Содержание

3 Слово редакторов

Нефть

4 П. Сорокин. Добывать с умом

Футурама

12 Е. Телегина, Д. Чапайкин. Цифровизация энергокомпаний в переходе к сетевой модели бизнеса

Энергопереход

22 Д. Хитрых. Электромобили: мировые тренды, проблемы и перспективы

Атом

34 Е. Адамов, Е. Муравьев. Ядерная энергетика России в концепции энергетического суверенитета

Уголь

48 В. Аникеев, Д. Силка. От отходов угольных электростанций к производству строительных материалов

Регионы

56 А. Мастепанов, А. Сумин. Энергополитика монархий Персидского залива в преддверии энергоперехода

78 И. Керимов, М. Дебиев, С. Масаев. Приоритетные направления развития энергетики Чеченской Республики



Contents

3 Editor's Column

Oil

4 P. Sorokin. Produce oil wisely

Futurama

12 E. Telegina, D. Chapaikin. Digitalisation of oil companies in transition to networking business model

Energy Transition

22 D. Khitrykh. Electric vehicles: Global trends, problems and prospects

Atom

34 E. Adamov, E. Muraviev. Russian nuclear power within the concept of energy sovereignty

Coal

48 V. Anikeev, D. Silka. From coal-fired power plant waste to building materials production

Regions

56 A. Mastepanov, A. Sumin. Energy policy of the monarchies of the Persian Gulf on the threshold of the energy transition

78 I. Kerimov, M. Debiev, S. Masaev. Priority areas of development energy of the Chechen Republic

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 бюджетное 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 ИЭОПП 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., заместитель министра энергетики России **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
Марина Коцубинская

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: 05.01.2021
Время подписания в печать по графику: 13:00
фактическое: 13:00

16+



145,9 тыс. км ЛЭП
958 подстанций

79 регионов России
22 тыс. сотрудников



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

Анна ГОРШКОВА
Главный редактор журнала
«Энергетическая политика»

Трансформация и оптимизация после кризиса 2020 года

Новый 2021 год мир встретил с оптимизмом. Люди устали сидеть дома, рынок устал от падения цен на нефть, промышленность – от антикризисных ограничений. И несмотря на то, что пандемия коронавируса еще не закончилась, мировая экономика постепенно входит в привычный ритм работы.

На этом фоне начало года становится крайне благоприятным периодом для анализа произошедшего и поиска новых технических и технологических решений для повышения устойчивости бизнеса в периоды кризиса. Новый номер журнала «Энергетическая политика» посвящен возможным вариантам технологических решений, способных оптимизировать затраты компаний и повысить эффективность работы. Мы сделали акцент на новых цифровых подходах к геологоразведке и освоению нефтяных месторождений, однако постепенной трансформации поддаются и угольная отрасль, и электроэнергетика.

Большое место в первом номере журнала уделено изучению опыта диверсификации энергетического бизнеса в странах Персидского залива. Драйвером для такой трансформации экономик нефтедобывающих стран стал усиливающийся на фоне пандемии глобальный энергопереход.

Процесс энергоперехода постепенно начинает оказывать все большее влияние не только на энергетическую отрасль разных стран, но и на промышленность, в первую очередь, автомобильную. Автопроизводители вынуждены выпускать все больше машин, оснащенных гибридными или полностью электрическими двигателями. Смогут ли такие модели вытеснить легковые машины с двигателями внутреннего сгорания, сказать сложно. В январском номере мы постарались проанализировать достоинства и недостатки электродвигателей и то, какое влияние может оказать на мировую экономику повсеместный переход на электрокары.



Восточно-Мессояхское месторождение Источник: bizua.org

УДК 550.8 DOI 10.46920/2409-5516_2021_1155_4

Добывать с умом

Produce oil wisely

Павел СОРОКИН

Заместитель министра энергетики России

Pavel SOROKIN

Deputy Minister of Energy of Russia

Одно из самых крупных и давно осваиваемых месторождений в России – Самотлор Источник: «Роснефть»



Аннотация. Искусственный интеллект в добыче нефти позволит сохранить конкурентоспособность отрасли на мировом рынке и увеличит налоговую базу. Однако для ускоренного внедрения новых инструментов необходимо формирование системы регулирования данных для их наиболее эффективного использования.
Ключевые слова: геологоразведка, бурение скважин, искусственный интеллект, повышение эффективности.

Abstract. Artificial intelligence in oil production will keep the industry competitive in the global market and increase the tax base. However, for the accelerated introduction of new tools, it is necessary to form a data regulation system for their most effective use.
Keywords: geological exploration, well drilling, artificial intelligence, efficiency improvement geological exploration, well drilling, artificial intelligence, efficiency improvement.



Наибольшие темпы падения приходится на Западную Сибирь, добыча в которой за последние десять лет снизилась на 10%, до 288 млн тонн

Добывать становится сложнее

Роль нефтедобывающей отрасли в экономике России трудно недооценивать. На нее приходится около 15 % ВВП, 40 % экспорта в денежном выражении, более 9 трлн рублей в год или 45 % доходов федерального бюджета (в 2020 г. из-за снижения цен на нефть ожидается 3 трлн руб.). Отрасль несет также важную социально-экономическую функцию развития нефтедобывающих регионов – ХМАО, Татарстан, Башкирия, Томская обл. и т. д.

В настоящее время нефтегазовая отрасль сталкивается с целым рядом проблем, которые снижают ее конкурентоспособность на мировом рынке. Общей проблемой является постепенное исчерпание запасов разрабатываемых месторождений и падение добычи нефти в традиционных нефтедобывающих регионах. Наибольшие темпы падения добычи сегодня приходится на ключевой нефтедобывающий регион России – Западную Сибирь, добыча в ко-

торой за последние десять лет снизилась на 10 %, до 288 млн тонн.

Это связано с двумя факторами. Во-первых, согласно данным инвентаризации экономики разработки месторождений, проведенной по поручению Правительства России, из 30 млрд тонн извлекаемых запасов нефти России только 36 % является рентабельным в текущих макроэкономических условиях. Это связано с ухудшением возможностей освоения: ростом обводненности, необходимостью строительства дорогостоящих скважин сложной конструкции, низкой проницаемостью и расчлененностью коллекторов, уходом в краевые зоны и пласты с небольшими толщинами и так далее. Все это не только увеличивает себестоимость добычи, но и повышает риски неподтверждения планируемых показателей разработки из-за сложности моделирования процессов и ошибок при бурении, например, выходом из продуктивного пласта при горизонтальном бурении. В результате, по некоторым активам фактическая рентабельность бурения может значительно отличаться от планов, а запасы не подтверждаться.

Во-вторых, качество воспроизводства ресурсной базы также ухудшается. Средний размер открытий новых месторождений в 2015–2019 гг. составил 9–14 млн тонн (без учета нескольких крупных на шельфе и Пайяхского месторождения). Прирост запасов в последние годы во-многом обеспечивается доразведкой в действующих регионах добычи, а также переоценкой запасов. При этом технологическая сложность геологоразведки значительно повышается. В основном, в традиционных регионах прирост происходит за счет поиска пропущенных залежей или бурения на глубокие горизонты. Однако, важно по-

нимать, что пропуск перспективных пластов при использовании традиционных методов интерпретации данных связан с их небольшим размером и сложностью строения. Поэтому необходимо применять совершенно новые технологии разведки и моделирования активов. Освоение глубоких горизонтов требует увеличения инвестиций. Так, например, для доюрского комплекса Западной Сибири капитальные затраты на поисковое бурение сопоставимы с Арктикой – от 500 млн руб. и более за скважину. С точки зрения крупных открытий, наиболее перспективным регионом является Арктика и шельф. Здесь уже было сделано несколько крупных открытий за последние годы – Нептун, Тритон, Пайяха с суммарными запасами более 1,3 млрд тонн нефти. Однако, эти бассейны мало изучены и, с учетом высокой стоимости поискового бурения, здесь необходимо применять совершенно новые технологии моделирования для эффективной локализации залежей углеводородов.

Таким образом, вопрос будущего российской нефтедобывающей отрасли связан с опережающим технологическим развитием и повышением эффективности. Только это позволит сохранить положение одного из самых низких по себестоимости производителей на мировой кривой предложения нефти.

Искусственный интеллект в помощь

Мировая нефтяная отрасль всегда являлась одним из самых высокотехнологичных секторов, и новые решения здесь внедряются одной из первых. Так, появление новой электроники и IT-продуктов, способных решать сложные задачи, привело к технологическому буму в отрасли 1970–2010-х гг.: появлялись новые методы повышения нефтеотдачи, создавались программы моделирования и интерпретации данных геологоразведки и так далее. Одним из стимулов развития отраслевых технологий в мире стало ухудшение сырьевой базы с 1990-х гг. из-за истощения части крупнейших месторождений. Если с 1980-х по 1990-е гг. мировые запасы выросли на 60 %, то за период с 1990-х по 2000-е гг. – всего на 4 %. Еще одним драйвером развития нефтедобывающей отрасли стал рост конкуренции на мировых энергетических рынках, что повлекло необходимость



Недавно открытое месторождение нефти на шельфе Сахалина – Нептун
Источник: *energybase.ru*

оптимизации бизнес-процессов и цепочек поставок.

Происходящие сейчас повсеместно процессы цифровой трансформации в нефтегазовой отрасли начались одними из первых. Прежде всего это связано со значительным потенциальным эффектом от внедрения новых решений в технологические и бизнес-процессы компаний. Поэтому отрасль активно заинтересована в новых инструментах. Одним из приоритетных направлений в части цифровой трансформации нефтегазовой отрасли является внедрение методов искусственного интеллекта по всей производственной цепочки в отрасли – от разведки до АЗС.

Наибольший эффект от применения методов искусственного интеллекта будет в сегменте разведки и добычи, где вопросы прогнозирования залежей углеводородов и моделирования процессов освоения месторождений имеют критически важное значение для итоговой эффективности про-

На нефтедобывающую отрасль приходится около 15 % ВВП, 40 % экспорта в денежном выражении. В 2020 г. из-за снижения цен на нефть ожидается поступление 3 трлн руб. доходов в бюджет

ектов. Это уже доказано в рамках пилотов, реализуемых компаниями.

Среди наиболее показательных примеров применения этих методов можно назвать интеллектуальную обработку и интерпретацию данных сейсморазведки. Обработка данных сейсморазведки является одним из ключевых этапов геологоразведки, качество выполнения которого напрямую влияет на успешность проекта геологического изучения. В производственном цикле ГРП-обработка сейсмике занимает наибольшее время и длится от 6 до 12 месяцев в зависимости от сложности геологического строения месторождения. В настоящее время подбор оптимальных параметров обработки, а также проведение процедур контроля качества промежуточных и итоговых результатов, выполняется специалистами-обработчиками «в ручном» режиме. Все это увеличивает сроки и повышает риски ошибок.

Алгоритмы искусственного интеллекта дают возможность автоматизировать рутинные операции, в результате чего повышается качество интерпретированных данных и снижаются сроки анализа. По предварительным данным такой метод позволяет сохранить до 6 % инвестиций за счет сокращения количества нерентабельных опций. Это позволит увеличить ожидаемую стоимость

Ярегское месторождение сверхвязкой нефти

Источник: *siktivkar.bezformata.com*



Освоение глубоких горизонтов требует серьезных инвестиций. Так, для доюрского комплекса Западной Сибири затраты на бурение сопоставимы с Арктикой – от 500 млн руб. и более за скважину

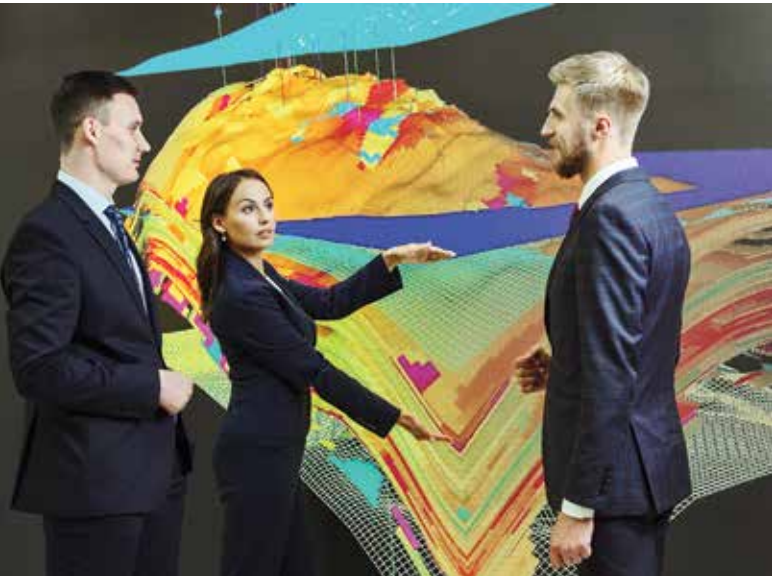
проекта ГРП (ЕМV) для компании до 15 % за счет сокращения сроков и снижения неэффективных инвестиций.

Увеличение выработанности крупных активов в традиционных регионах добычи Западной Сибири и Урало-Поволжья ставит перед компаниями стратегическую задачу по сдерживанию темпов падения производства на них и поиску скрытых запасов. Однако, при отсутствии полного набора качественных данных (данные прошлого века уже устарели или не полные) существенную часть объектов невозможно выявить с помощью традиционных петрофизических методов. Необходимы новые подходы, в том числе создание детальных

цифровых моделей месторождений на основе вероятностных вычислений.

В рамках одного из пилотных проектов применения этой когнитивной системы на действующем нефтепромысле на основе анализа геологических данных и информации со скважин нейросеть смогла предсказать участки, где находятся потенциальные интервалы с залежами нефти, которые было невозможно выявить традиционными способами. В результате удалось добиться дополнительного притока нефти без затрат на бурение и создание инфраструктуры.

В процессе строительства скважины очень важно контролировать сам процесс бурения и всю поступающую со скважины



Интегрированный центр разработки месторождений
Источник: «Газпром нефть»

информацию. Контроль процесса бурения позволяет снизить риск наступления непредвиденных ситуаций на скважине. В настоящее время вероятность предотвратить аварию напрямую связана с опытом и внимательностью специалиста, сопровождающего строительство скважины, так как практически любая внештатная ситуация имеет ряд предвестников. При этом, в случае возникновения аварийных осложнений увеличивается непроизводительное время (НПВ), что повышает стоимость скважины.

Применение предиктивной аналитики для предсказания осложнений на основе имеющихся исторических данных позволяет снизить непроизводительное время

на 15 %, что в свою очередь сократит стоимость скважин на 3–5 %.

Это только единичные примеры внедрения решений. В целом направления использования искусственного интеллекта можно разделить на 4 больших группы: для геологоразведки и интерпретации данных, при бурении, при эксплуатации оборудования, для экологии и промышленной безопасности. Это произведет целую цепочку позитивных эффектов: ускорение сроков ввода активов за счет сокращения времени на анализ, снижение объемов нерентабельного бурения за счет повышения качества моделирования месторождений, сокращение капитальных затрат за счет выбора оптимальной траектории бурения, уменьшение аварийных случаев на месторождениях и операционных издержек за счет подбора оптимального режима работы оборудования. Очевидно, что внедрение новейших технологий выгодно и с точки зрения бизнеса. Оно дает увеличение стоимости активов за счет ускорения сроков ввода в разработку, прирост запасов и добычи за счет выявления пропущенных залежей и ведет к повышению инвестиционной эффективности операций за счет сокращения человеческих ошибок.

В денежном выражении суммарный эффект для отрасли в 2025–2040 гг. за счет снижения расходов от нерентабельных операций и прироста КИН на действующих активах может составить по предварительным оценкам 2,95 трлн руб. Для государства за аналогичный период эффект может составить 2,45 трлн рублей за счет увеличения налоговой базы в виде ввода дополнительных запасов в разработку.

Прогресс будет зависеть от данных

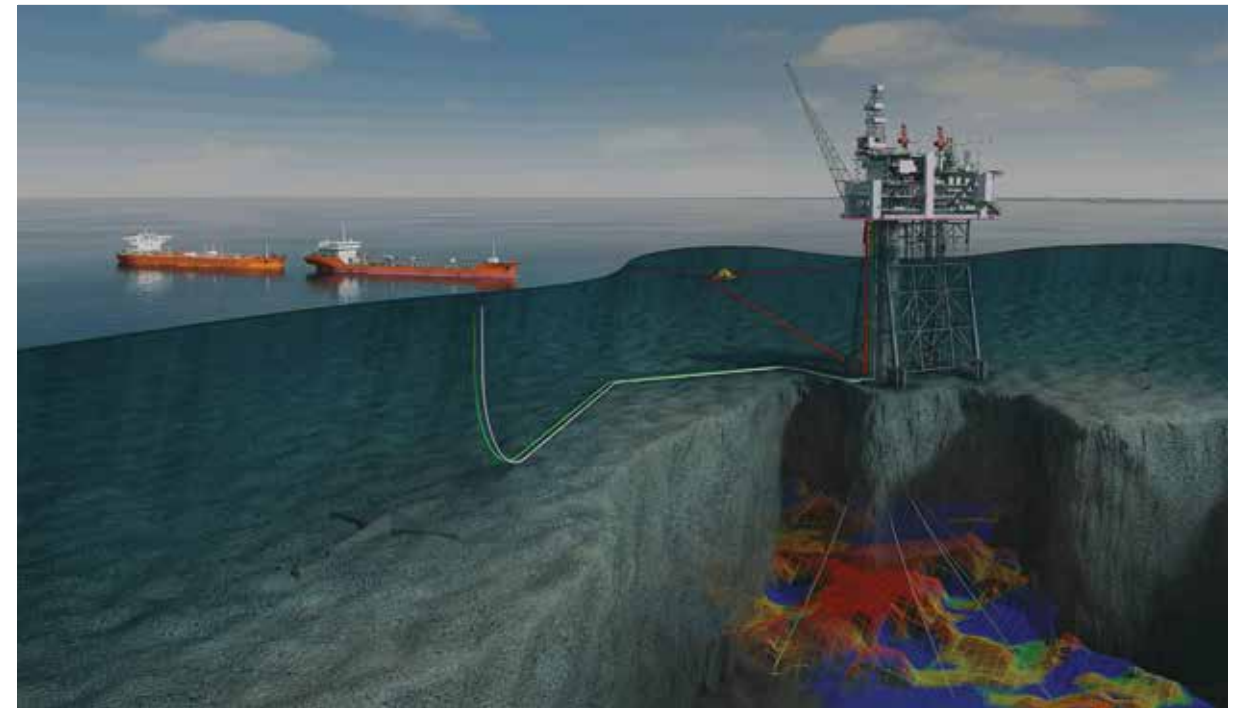
Конечно, важно понимать и то, что эффективность развития и внедрения методов искусственного интеллекта напрямую связана с входящими данными для обучения моделей. Для наглядности цикл, который проходит любое решение при разработке, состоит из следующих этапов:

Этап 1. Переработка и структурирование входящей информации.

Этап 2. Выбор данных (признаков) для обучения модели.

Этап 3. Выбор и обучение модели на данных.

Этап 4. Анализ результатов моделирования с фактом.



Цифровые технологии в геологоразведке на шельфе Арктики

Источник: kongsberg.com

По итогам анализа сходимости модели с фактом на пилотных проектах решение отправляется на доработку и дополняется новыми данными для повышения эффективности (в случае наличия). Количество таких итераций может быть значительным и зависит напрямую не только от эффективности алгоритма, но и от качества и количества входящих данных, которых он использует. Чем больше данных и выше их качество, тем быстрее алгоритм может приблизиться к реально происходящим процессам и применен в производстве.

Таким образом, данные являются ключевой ценностью для отрасли в эпоху цифровой трансформации. Однако, процесс их

В денежном выражении эффект для отрасли в 2025–2040 гг. за счет снижения расходов от нерентабельных операций и прироста КИН на действующих активах может составить около 2,95 трлн рублей

получения сложный и дорогостоящий. Так стоимость 1 куба сейсмики составляет около 150 млн рублей (всего отрасль тратит порядка 40 млрд рублей в год), а процесс получения и анализа до 1,5 лет. Бурение требует 4–5 месяцев анализа при стоимости современных поисково-разведочных скважин более 300 млн руб. Поэтому повышение эффективности именно в этом направлении – ключевая задача для отрасли и регуляторов.

Впрочем, на текущий момент имеется ряд барьеров для эффективного использования данных. Кооперация в части обмена информацией у российских компаний низкая. У каждого есть данные только по своим активам, что сужает возможности отрасли. Естественно, требовать полной открытости от компаний нельзя. Это вопрос их конкурентоспособности. Однако, полностью закрываться тоже неправильно. В это же время, у крупнейших иностранных нефтесервисных и IT-подрядчиков аккумулируются значительные массивы данных по всей отрасли. В результате, уровень конкурентоспособности российской отрасли и ее продуктов снижается. Поэтому было бы правильно рассмотреть возможность обмена в части отдельных приоритетных направлений, например, исследований трудноизвлекаемых запасов или новых ре-

гионов. Ключевым препятствием этому на текущий момент является отсутствие регулирования в области промышленных данных, что создает риски для участников обмена. В частности, отсутствует понятие промышленных данных в юридической плоскости, не закреплены права сторон при обмене, отсутствуют единые стандарты данных, методики анонимизации данных и так далее.

В отличие от взаимоотношений внутри бизнеса, которые носят коммерческий характер, в России существует законодательно закрепленный инструментарий сбора отраслевых данных. В соответствии с федеральным законом «О недрах» вся первичная и интерпретированная геологическая информация подлежит сдаче в федеральный фонд геологической информации, его территориальные фонды и фонды субъектов Российской Федерации. При этом для первичной информации устанавливается срок коммерческой тайны 3 года, интерпретированной – 5 лет. Остается и ряд существенных препятствий для использования компаниями этих данных. В частности, отсутствуют единые стандарты предоставления данных, отмечается недостаток инструментария их верификации. Чаще всего, данные хранятся в разрозненных

архивах, исторические данные не всегда оцифрованы, а данные по технологии и экономике передаются только при утверждении производственно-технической документации. Все это значительно сокращает возможность использования собираемых данных. При этом во всех ведущих нефтедобывающих странах создано более 26-ти цифровых платформ отраслевых данных, которыми активно пользуются участники отрасли. Наиболее известными из них являются Национальный банк данных NDR в Великобритании и Национальный банк данных Diskos в Норвегии. Помимо просто структурированных дата сетов, эти банки предоставляют всем участникам отрасли полноценные сервисы по моделированию, а также имеют в наличии постоянно действующие геологические модели шельфа, что позволяет компаниям искать эффективные ресурсы.

Приоритетной задачей для государства должна стать поддержка отрасли в части кооперации за счет создания понятным правилам сбора, хранения и оборота промышленных данных. А также создание цифровой платформы отраслевых данных. Тем более база у Минприроды России и Минэнерго России в действующих ГИС уже имеется.

Тазовский район ЯНАО

Источник: «Газпром нефть»



Добыча нефти в ХМАО
Источник: «Газпром нефть»

Цифровизация энергокомпаний в переходе к сетевой модели бизнеса

Digitalisation of oil companies in transition to networking business model

Елена ТЕЛЕГИНА

Член-корреспондент РАН, д. э. н., профессор,
декан факультета Международного
энергетического бизнеса, РГУ нефти и газа (НИУ)
имени И. М. Губкина
e-mail: meb@gubkin.ru

Elena TELEGINA

Associate member of RAS, D. Sc. Economics,
Gubkin University
e-mail: meb@gubkin.ru

Даниил ЧАПАЙКИН

Магистрант, РГУ нефти и газа (НИУ)
имени И. М. Губкина

Daniil CHAPAIKIN

Undergraduate, Gubkin University

В условиях падения цен на нефть стратегически важным
становится оптимизация затрат

Источник:

omnishash / Depositphotos.com



Аннотация. В современной турбулентной бизнес-среде нарастающая неопределенность заставляет компании фокусироваться на оптимизации издержек, эффективности и скорости принятия решений. Мегапроекты перестают быть основным источником роста, а конкурентоспособность обеспечивается уже не столько эффектом масштаба, сколько талантливыми людьми, работающими на опережение поднимающейся волны рисков. Поэтому освоение традиционных и нетрадиционных запасов нефти и газа, а также использование возобновляемых источников энергии, требуют уникальной операционной модели. В работе рассматриваются процессы цифровизации различных сегментов цепочки создания стоимости в рамках перехода к новой сетевой модели бизнеса. Прорывные технологии меняют характер работы компаний, соединяя продавца и покупателя напрямую, ставя кооперацию и гибкость на первое место в наборе факторов, обеспечивающих рост эффективности. Необходимость участия во множестве проектов одновременно требует усиления горизонтальных связей, в том числе, междофирменных.

Ключевые слова: цифровизация, цифровые технологии, нефтегазовые компании, энергетический бизнес, трейдинг, цифровая трансформация, блокчейн, интернет вещей, сетевая структура.

Abstract. In growing turbulent business environment, uncertainty forces companies to focus on optimizing costs, efficiency, and gaining operational speed. Megaprojects no longer remain the key source of growth. Competitiveness is no more a product of economies of scale, but is achieved by high-skill professionals, working at the intersection. Therefore, traditional, deep-water, unconventional deposits, and renewable energy sources require a unique operating model and cannot be assets managed in a whole-hierarchical model. The paper proposes structural oil business shift from integration to networking principle meanwhile authors consider digital transformation of value chain segments as factor of the coming transformation. Digitalisation is changing the way of how businesses works, connecting seller and buyer directly, making collaboration and flexibility as much more important factors of productivity, than traditional competition. The multiproject performance will require horizontal links between the segments of business.

Keywords: digitalisation, digital technologies, oil and gas companies, energy business, digital transformation, trading, blockchain, internet of things, networking structure.

“

Цифровые скважины обретают исключительную важность для максимизации добычи, эффективности капиталовложений и повышения безопасности

Как капиталоемкая отрасль, нефтегазовый бизнес сегодня сталкивается со множеством проблем, вызванных непредсказуемым поведением нефтяных котировок. В таких условиях стратегически важным становятся оптимизация издержек посредством технологизации каждого из звеньев цепочки создания стоимости. Одновременно большое значение приобретает развитие принципиально новых видов бизнеса, которые обеспечивают потребителя услугами, выходящими за рамки производства и продажи углеводородов.

В структуре нефтегазового бизнеса трансформационные процессы развиваются по двум направлениям. С одной стороны, они выстраиваются посегментарно в рамках цепочки добавленной стоимости, с другой стороны – приводят к дифференциации бизнес-модели в зависимости от характера актива, сложности операционной деятельности и сопряженных рисков.

Переход к сетевой интеграции в нефтедобыче

Обвал нефтяных котировок в марте 2020 г. заставляет компании еще больше фокусироваться на сокращении издержек и росте эффективности. Интеграция IT и программного обеспечения управления активами (Total asset managers, DrillNet) дает возможность постоянного мониторинга процессов и своевременного устранения возникших неполадок. Экономический эффект достигается не только экономией времени, но предупреждением крупных оперативных сбоев, которые в перспективе оборачиваются для компании потерянными миллионами долларов.

Еще одним элементом сетевой интеграции являются платформы Thin client, которые используются потребителями для контроля процессов производства, преобразования и накопления энергии

По мере того, как эпоха легкодоступных запасов подходит к закату, компании все большее внимание сосредотачивают на разработке глубоких и сложных залежей, а развитие современных технологий позволяет проводить их изучение удаленно. Цифровые скважины обретают исключительную важность для максимизации добычи, эффективности капитальных вложений, а также повышения безопасности производства.

Понятие «смарт-месторождения», концептуально имеющего 25-летнюю историю, последовательно эволюционировавшего от «цифровых месторождений», «месторождений будущего», «iFields», которые предполагали исключительно оптимизацию затрат, сегодня открывает новые возможности для координации разных сегментов производства в компании. При интеграции компонентов «смарт-месторождения» и технологий распределенного реестра (таких, как блокчейн) удастся координировать процессы добычи нефти в зависимости от быстро меняющегося спроса.

Так, компания Baker Hughes предлагает новый уровень IT-технологий для управления скважиной, который позволяет контролировать производительность пласта, кооперироваться быстро и напрямую, а также управлять операциями удаленно.

Компания через корпоративную платформу BEACON для удаленного управления месторождением в режиме реального времени оптимизирует разработку месторождений, комбинируя on-line технологии с механизмами управления информацией, услугами удаленной визуализации, удаленными консультационными услугами и управлением клиентскими решениями. Данная платформа служит расширением производственной площадки для оптимизации подключения, эффективности процессов, времени отклика и передачи знаний от рабочей силы к руководству, независимо от местоположения. В числе клиентов такие компании, как Shell, Siemens, Weatherford и т. д.

Другим элементом сетевой интеграции являются платформы Thin client. Thin client – это система, используемая потребителями, например, для контроля и мониторинга процессов производства, преобразования и накопления энергии. В контексте интеграции информационных потоков и необходимости гибкого реаги-

Операторы «вручную» контролируют параметры работы системы

Источник: Ludya / Depositphotos.com

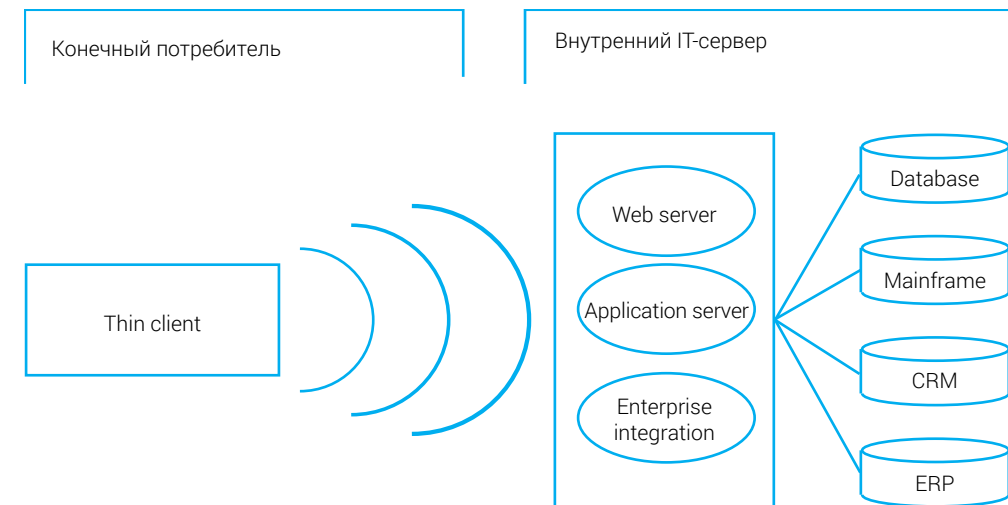


Рис. 1. Архитектура платформ Thin client

Источник: Technavio

рования на внешние вызовы в условиях нестабильной внешней среды данные технологии представляют существенный интерес для компаний. Платформы не требуют какого-либо оборудования и оперируют без необходимости в жестком диске для накопления и хранения данных. Они используют флэш-накопители, где в течение некоторого времени собирается информация, которую после обработки и производства специальных вычислений, система отправляет на внутренний сервер, одновременно обеспечивая потребителя удаленным доступом. Последующая модификация системы создает пространство для интеграции с облачными технологиями и виртуальными компьютерами в зависимости от сегмента производственной цепочки и гибкости системы управления.

Данная платформа является централизованно-сетевой (см. рис. 1), где, в отличие от блокчейна, сохраняется сервер, обеспечивающий системную связь с клиентами. В зависимости от того, является ли клиент потребителем энергетического продукта или на постоянной основе – энергетической услуги, меняется степень его зависимости от платформы Thin client. В то же время, аккумуляция энергетических ресурсов (мощностей и финансовых средств) и децентрализованное управление дают возможность более гибко и оперативно производить реконструкцию или обновление мощностей. Данный подход имеет высокий потенциал в сегменте распределения и потребления электроэнергии,

что будет более подробно рассмотрено уже в следующем разделе статьи. Отсутствие необходимости в компонентах hardware (физического оборудования и инфраструктуры) придает платформе дополнительную гибкость, также исключающую системное потребление электроэнергии.

Промышленный интернет вещей. IoT ведет к трансформации сегмента разведки и добычи. Он включает множество интеллектуальных устройств, интегрирующих и передающих огромные объемы информации

Горизонты применения данной технологии простираются далеко за рамки коммерциализации конечного продукта (в сегодняшней его интерпретации) – электроэнергии.

Игроки в области разведки и добычи нефти и газа (E&P) автоматизируют различные процессы, чтобы повысить эффективность оптимизации и сбора информации и ее интерпретации для принятия правильных решений. Thin client предпочтительна в нефтегазовой промышленности во многих областях, таких как направленное бурение, каротаж буровых растворов,



Блокчейны применяются при создании интерфейса для удаленной зарядки электромобилей

Источник:

annakovalenko / Depositphotos.com

каротаж во время бурения (LWD), а также интегрированный контроллинг процессов во время бурения (MWD). Гибкая архитектура данной технологии обеспечивает дополнительные преимущества, такие как Voice over IP и Video over IP. Voice over IP заменил старые коммуникационные устройства, такие как walkie-talkie, а Video over IP предоставил новые возможности для мониторинга активов и визуализации данных центральной диспетчерской. Технология широко используется для эффективной и точной агрегации информации о состоянии буровой установки, учитывая, что для нее не требуется специального оборудования. Крупнейшими провайдерами данной

технологии выступают такие компании, как Dell, HP, Igel, Ncomputing и т. д.

Другим фактором трансформации модели бизнеса в сегментах разведки и добычи выступает промышленный интернет вещей IIoT, который является частью глобального интернета вещей, включающего в себя множество интеллектуальных устройств и компьютеров, позволяющих интегрировать и передавать огромные объемы информации. Промышленный интернет вещей позволяет повысить показатели эффективности, достигнуть эффекта масштаба, значительно сократив затраченные сырьевые и временные ресурсы. Предиктивное обслуживание инфраструктуры, факторы безопасности и значительной операционной эффективности явились причинами широкого интереса со стороны энергетического сектора в рамках его перехода к Индустрии 4.0. Таким образом, горизонтальная интеграция различных департаментов, информации, производственных процессов, а также топ-менеджмента в разрезе принимаемых решений способствует структурной трансформации нефтегазовых компаний [6–8].

Уже следующим этапом трансформационных процессов является принципиально новая модель интеграции сетевых технологий и человеческого опыта. Сегодня рынок

Цифровая революция не только расширила пределы мировой экономики, но и привела к «размыванию» границ глобальных компаний. Аутсорсинг явился фактором операционной самостоятельности

IoT-услуг растет в связи с необходимостью усиления интеграции между промышленными механизмами (M2M, Machine to Machine), механизмами и людьми (Machine to Human). На фоне многократного роста объемов информации увеличивается спрос на процессоры, оперирующие несколькими протоколами Ethernet, автономизацию производства и его интеграцию в единую информационно-технологическую платформу, стирающую барьеры между различными протоколами и сокращающую операционные затраты. Одновременно наблюдается рост спроса на микропроцессоры следующего поколения (Intel Quark SoC), дающий мощный толчок для инновационных решений в секторе IoT. Фактор пандемии, который заставляет компании ставить еще больший акцент на развитии инноваций и адаптации производства к дифференцированной структуре спроса, также усиливает трансформационные процессы.

Трансформация модели маркетинга и трейдинга в энергетике

Недавно внедренный и прочно укоренившийся в бизнес-среде термин «phygital» наиболее полно отражает то целевое видение сегментов распределения и сбыта энергетической компании будущего, к которому так отчаянно сегодня стремятся ведущие мировые корпорации. Сочетание англ. «Physical» и «Digital» заставляет компании не просто адаптировать цифровые решения для оптимизации затрат, но действовать с учетом человеческого опыта для обеспечения потребителей продукцией лучшего качества.

Помимо общеизвестных механизмов применения блокчейна в нефте- и газотрейдинге существует огромный потенциал для трансформации сегментов сбыта и распределения электроэнергии. Так, горизонтальная интеграция блокчейна и инструментов мониторинга состояния системы (интеллектуальные датчики, IoT) может обеспечить сбор данных посредством использования прозрачного и безопасного протокола, который улучшает управление сетью (распределенный учет солнечной генерации, балансировка локальной сети).

По мере того, как управление сетью становится все более децентрализованным, блокчейн и смарт-контракты могут обеспечить безопасное автономное управ-

ление сетью (например, сокращение притока энергии ветра, повторная трансмиссия, автоматическая активация резервных установок).

Блокчейн наделяет потребителей правами участия в составлении оптимального решения для сети (например, неточная по объему электроэнергии или несвоевременная реакция на потребительский спрос, дополнительная агрегация энергии в батареях и т. д.).

Блокчейн делает сеть более эффективной, обеспечивая автоматическое управление на уровне потребителей с помощью IoT и умных контрактов. Эта система обеспечивает более детальный подход к ба-



Цифровые технологии в сегментах разведки и добычи позволяют сократить затраты на бурение

Источник: watercolormanagement.com

лансировке сети по принципу «снизу вверх и обратно» в отличие от модели «сверху вниз» в централизованной системе. Также блокчейн может выступить площадкой для управления доступом к зарядным станциям для электромобилей с участием третьих сторон: домохозяйств с зарядными станциями, супермаркетов и существующих зарядных станций.

В данном случае функционал технологии сводится к трем возможностям:

- создание интерфейса для удаленной зарядки электромобилей с возможностью управления процессом учета, выставления счетов и оплаты;
- расширение рынка зарядки электромобилей за счет третьих сторон;

По мере того, как управление сетью становится более децентрализованным, блокчейн и смарт-контракты могут обеспечить безопасное автономное управление сетью (например, включение резервов)

- гармонизация стоимости тарифов для совместимости тарификации в разных странах / компаниях и отдельных провайдерах.
- В данном случае смарт-контракты на электроэнергию:
- обеспечивают полностью автоматизированную аутентификацию, выставление счета и оплату;
 - дают возможность гибкого ценообразования, третьи лица могут динамично изменять величину тарифов.
- Наиболее практичными и широко используемыми на данный момент являются закрытые и консорциумные (прозрачные с точки зрения отчетности и легализованные на правовом уровне) блокчейны

Рис. 2. Сравнительная матрица различных моделей блокчейна

	Открытый	Консорциум	Закрытый
Чтение данных			
Добавление данных			
Доступ к системе валидации			
Скорость подтверждения			
Энергопотребление			
Масштабируемость			
Регулирование			
Конфиденциальность			

Обеспечено Не оптимизировано Не обеспечено

Источник: IHS Markit

по причине наличия регулирования, масштабируемости цепи блоков данных, а также энергоэффективности. Разница между открытыми, закрытыми и консорциумными цепочками информационных блоков состоит в характере участия контрагентов в управлении, а также механизме проверки транзакций.

Интегральная оценка факторов трансформации по группам игроков глобального энергетического рынка

Цифровая революция не только расширила пределы мировой экономики, но и привела к «размыванию» границ глобальных компаний. Аутсорсинг явился фактором операционной самостоятельности для множества игроков [10], которые сегодня вступают в партнерства с компаниями IT, BPM (business process management), сферы дизайна для продвижения новых товаров, коммерциализация которых трансформируется в сервисную модель, а также структурной реорганизации бизнеса.

В этой связи переход мировой энергетики в новое качество требует совершенно другого уровня гибкости, в том числе инно-

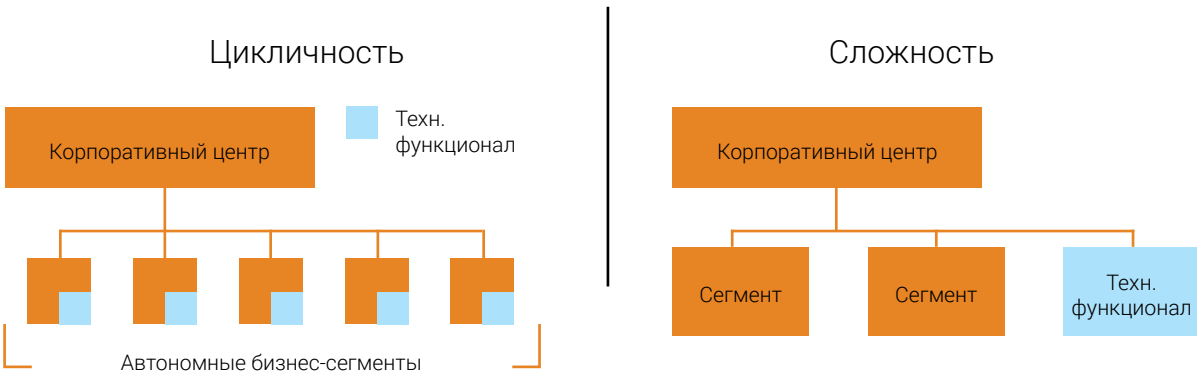


Рис. 3. Модель управления бизнесом во многом определяется характером актива и сопряженными рисками

Источник: [1]

вационной. Эта задача не имеет решения в вертикально-интегрированной системе, недостатки которой максимизируются, а преимущества минимизируются [1].

Дезинтеграционные процессы предполагают не только заключение контрактов на выполнение определенных операций сторонними организациями, но также развитие горизонтальных связей между компаниями, например, посредством образования совместных предприятий. Дезинтеграционные процессы сильно отличаются в зависимости от оборота компании,

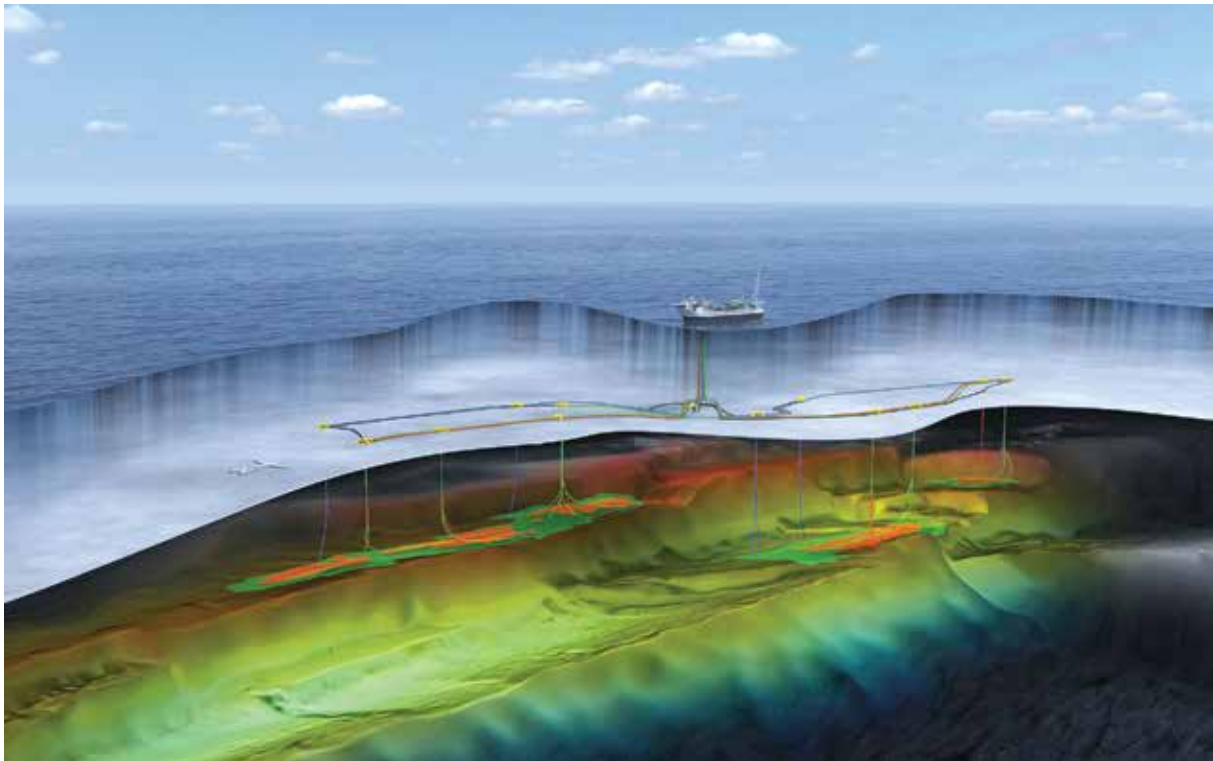
портфеля активов, конкурентной позиции на рынке и т. д. Посегментарно это зависит от цикличности процессов, степени риска [2] (см. рис. 3).

Применительно к особенностям нефтегазового бизнеса можно выделить три ключевые модели [1,9,11–12]:

1. Вертикальная интеграция – когда компания имеет контроль над всеми элементами цепочки добавленной стоимости.
2. Частичная дезинтеграция – привлечение подрядчиков к выполнению

Современное разведочное бурение на арктическом шельфе

Источник: rcinet.ca





Диспетчерский центр ЛПДС Бавлы и НПС Совхозная-2

Источник: «Транснефть»

услуг по разработке, бурению; добыче; транспортировке; создание промежуточных структур и совместных предприятий в описанных сегментах.

3. Высокая дезинтеграция – когда сегмент переработки также выводится из вертикальной цепочки создания стоимости.

Как известно, операционные затраты «заключены» между выручкой и показателем EBITDA. Когда сегмент выводится на аутсорсинг, растет значение переменных затрат по сравнению с постоянными, но операционные расходы, учитывая практику заключения долгосрочных контрактов, становятся более постоянными во времени, что отражается на корреляционных отношениях. В рамках эконометрического анализа описанных процессов проведен корреляционный анализ пока-

зателей выручки и EBITDA, а также цены нефти в рамках сегмента добычи.

Было выделено 4 группы компаний по капитализации:

- супермейджеры (>100 млрд долларов);
- мейджеры (50 <x<100 млрд долларов);
- средние компании (10 <x<50 млрд долларов);
- мелкие игроки (<10 млрд долларов).

Для интегральной оценки полученных результатов была построена итоговая матрица, где полученные значения стали результатом исследования методом экспертных оценок: на основании произведенного корреляционного анализа, а также изученных годовых корпоративных отчетов (см. табл. 1).

На основании текущих результатов можно заключить, что дезинтеграционные про-

Таблица 1. Дезинтеграционные процессы

Источник: [1]

Б.П. ¹	Upstream	Downstream
Супермейджеры	9	4
Мейджеры	10	1
Средние компании	8	9
Мелкие игроки	1	NA

¹ Единицы измерения – интегрированный балльный показатель (1–10).

Когда сегмент бизнеса выводится на аутсорсинг, растет значение переменных затрат, но операционные расходы, с учетом практики долгосрочных договоров, становятся более постоянными во времени

цессы в наибольшей степени характерны для сегментов разведки и добычи, нефтехимии и транспортировки. Если прочитать матрицу по горизонтали, то очевидно, что эти процессы присутствуют во всех компаниях за исключением мелких игроков, сетевая трансформация которой сводится к инновационно-технологической, и в меньшей степени характеризуют компании со средним показателем капитализации.

Использованные источники

1. Телегина Е. А., Чапайкин Д.А. Цифровая экономика и новый энергетический ландшафт. Глава IV. Монография. Под общей редакцией члена-корреспондента РАН, профессора Е. А. Телегиной. М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2020. 297 с.

2. Телегина Е. А., Чапайкин Д.А. Факторы дезинтеграции нефтегазового бизнеса: оценка и моделирование // Газовая промышленность. 2019, №7. С. 110–117.

3. Чапайкин Д.А. Виртуальное измерение энергетического киберпространства // Энергетическая политика. 2017, №5. С. 66–71.

4. Чапайкин Д.А. Интернет энергоносителей в структуре инновационной экономики // Энергетическая политика. 2018, №2. С. 77–86.

5. Breidenthal J., Cigala F., McCreery J. How Digital Improves Management Systems in Oil and Gas // Bain & Co. 2018. August 15. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.bain.com/insights/how-digital-improves-management-systems-in-oil-and-gas/> (дата обращения: 18.06.2019).

6. Brun A., Zharkeshov S. A new operating model for well organizations // McKinsey & Co. 2018. Oct. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/a-new-operating-model-for-well-organizations> (дата обращения: 18.06.2019).

7. Fitz R., Burns S., Folette C., Belsito E. Value Creation in oil and gas 2018: managing the price cycle // Boston Consulting Group. 2018. [Электронный ресурс]. Режим

Таким образом, горизонтальная интеграция различных департаментов, информации, производственных процессов, а также топ-менеджмента в разрезе принимаемых решений способствует структурной трансформации сегментов разведки и добычи. Также исключительно важна интеграция цифровых технологий и человеческого опыта, что образует новую фиджитал-структуру сегментов переработки и сбыта.

У дезинтеграции дуалистичная природа: с одной стороны, она имеет место посегментарно в рамках цепочки добавленной стоимости, с другой стороны – результат дифференциации бизнес-модели в зависимости от характера актива, сложности операционной деятельности и сопряженных рисков.

Последовательные этапы трансформации: диверсификация, децентрализация и переход к сетевой структуре [3–4] – качественный ответ на реструктуризацию энергетических рынков как в региональном, так и в глобальном масштабах.

доступа: <https://www.bcg.com/en-kr/publications/2018/value-creation-oil-gas-managing-price-cycle.aspx> (дата обращения: 18.06.2019).

8. Handscomb C., Dominik M. Unlocking the benefits of a tailored upstream operating model. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/unlocking-the-benefits-of-a-tailored-upstream-operating-model>

9. Handscomb C., Sharabura S., Woxholth J. The oil and gas organization of the future // McKinsey & Co. 2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-oil-and-gas-organization-of-the-future> (дата обращения: 15.12.2019).

10. Pellegrini L., Lazzarotti V., Pizzurno E. From outsourcing to open innovation: a case study in the oil industry // International Journal of Technology Intelligence and Planning. 2012. Vol 8 (2). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=48476> (дата обращения: 18.06.2019).

11. Rogers J. Strategy, Value and Risk: Industry Dynamics and Advanced Financial Management, Palgrave Macmillan, New York, NY, USA, 2019. 225p.

12. Stuckey J., White D. When and when not to vertically integrate [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/when-and-when-not-to-vertically-integrate>

Электромобили: мировые тренды, проблемы и перспективы

Electric vehicles: Global trends, problems and prospects

Денис ХИТРЫХ

Директор центра исследований
и разработок, директор по маркетингу,
МВА, «КАДФЕМ Си-Ай-Эс»
e-mail: denis.khitrykh@cadfem-cis.ru

Denis KHITRYKH

Director of Research and Development Center,
Marketing Director, CADFEM C.I.S.
e-mail: denis.khitrykh@cadfem-cis.ru

Выставочный зал Tesla, Париж

Источник: ifeelstock / Depositphotos.com



Аннотация. В работе рассматривается вопрос электрификации транспорта. Приведена оценка текущего уровня развития электрических технологий и в первую очередь аккумуляторных батарей, а также зарядной инфраструктуры для электротранспорта. Рассмотрена интеграция электротранспорта с электрическими сетями в рамках концепции V2G (vehicle-to-grid). Показано, как применение технологий компьютерного моделирования позволяет решать актуальные проблемы проектирования электрических автомобилей, связанные с вопросами терморегулирования, энергоэффективности и пр.

Ключевые слова: электрификация, электромобиль, аккумуляторная батарея, система накопления электроэнергии, компьютерное моделирование, цифровой двойник.

Abstract. The article is concerned with the electrification of transport. The assessment of the current level of development of electrical technologies and, particularly, batteries, as well as charging stations infrastructure is given. The integration of electric transport with electric power network within the framework of the V2G (vehicle-to-grid) concept is considered. It is shown how the use of simulation-based technologies allow solving urgent electric cars engineering problems related to thermal regulation, energy efficiency, etc.

Keywords: electrification, electric car, Li-ion batteries, systems of electricity accumulation, simulation, Digital Twin.

Продажи гибридных и полностью электрических автомобилей превысили в 2019 г. 2 млн единиц, или 2,4–2,6 % мирового рынка новых автомобилей

Введение

В мировом машиностроении сегодня наблюдается тенденция постепенного смещения интереса ведущих автопроизводителей и потребителей от автомобилей с традиционными бензиновыми и дизельными двигателями к автомобилям, использующим в составе силовой установки двигатели на альтернативных источниках энергии, в частности, электромобили.

Совокупные продажи гибридных (HEV) и полностью электрических автомобилей (EV), согласно оценкам Международного энергетического агентства, превысили в 2019 году 2 млн единиц, что составило около 2,4–2,6 % мирового рынка новых автомобилей. Пандемия и глобальный карантин, спровоцировавшие экономический кризис, поставили ведущих мировых автопроизводителей электромобилей в очень сложные условия. В большей степени это затронуло европейских автопроизводителей, перед которыми встала возможная угроза штрафных санкций за несоответствие «зеленой» программе Евросоюза. С 1 января 2020 года в ЕС вступили в силу новые нормы выбросов углекислого газа автомобилями. Согласно новым правилам, автопроизводители с 2020 года должны выпускать 95 % автомобилей с уровнем выбросов в 95 г/км, с 2021 года такой показатель выбросов должен быть у всех выпускаемых машин. Кроме того, для стимулирования производства электромобилей с 2020 года каждый проданный автомобиль с выбросом менее 50 г/км засчитывается автопроизводителем за 2 автомобиля с низким уровнем выбросов, с 2021 года – за 1,67 и с 2022 года – за 1,33. Предполагалось, что такой постепенный переход и серьезная господдержка даст автопроизводителям время на «мягкую» модер-



Презентация Toyota Camry Hybrid на автосалоне в Бангкоке

Источник:

ammza12 / Depositphotos.com

низацию производства под выпуск более «зеленых» моделей. Теперь предстоит начать дело фактически с чистого листа, а тотальный и ускоренный переход на гибриды и электромобили потребует от европейских автопроизводителей беспрецедентного уровня инвестиций. При этом они подвергаются риску потери доли рынка в пользу электромобилей компании Tesla, альянса Renault – Nissan – Mitsubishi и т. д., а в менее дорогом сегменте им придется конкурировать с автомобилями китайских автопроизводителей JAC, Zotye и др.

Вокруг электромобилей сегодня накопилось огромное количество мифов, а экспертное сообщество разделилось

Вокруг электромобилей сегодня накопилось огромное количество мифов, а экспертное сообщество разделилось на два противоположных лагеря – электроскептиков и электрооптимистов

на два противоположных лагеря – электроскептиков и электрооптимистов. Как правило, первую точку зрения отстаивают производители традиционных автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, а вторую – сторонники «зеленых» технологий. Я не отношу себя ни к первым, ни ко вторым, но меня настораживает один факт – как при такой многолетней и массивной поддержке со стороны государства до сих пор не наступил массовый рыночный взлет электромобилей?

Текущий уровень развития технологий

Термин «электрический автомобиль» (EV), как правило, означает транспортное средство, которое приводится в движение электродвигателем, питающимся от автономного источника электроэнергии. По своему типу электромобили подразделяются на гибридные (HEV), заряжаемые двигателем внутреннего сгорания (в подобных автомобилях пробег на электротяге крайне ограничен), и гибридные с возможностью зарядки от сети (PHEV). Подключаемые гибриды (плагины-гибриды) разделяются на несколько типов: параллельные – они совмещают работу электрического и бензинового двигателей и допускают

зарядку батареи от сети; последовательно-параллельные – способны работать как последовательные, так и как параллельные гибридные автомобили с электромотором в качестве основного привода; последовательные (REEV/REX) – электромобили с увеличенным запасом хода. В таком типе гибрида автомобиль всегда приводится в действие электрическим двигателем, который питается непосредственно от батареи, однако сама батарея заряжается во время движения встроенным топливным генератором. И, наконец, полностью электрические автомобили (EV/BEV) и автомобили на топливных ячейках (FCV), в состав которых входит электрохимический генератор для преобразования водорода в электрическую энергию.

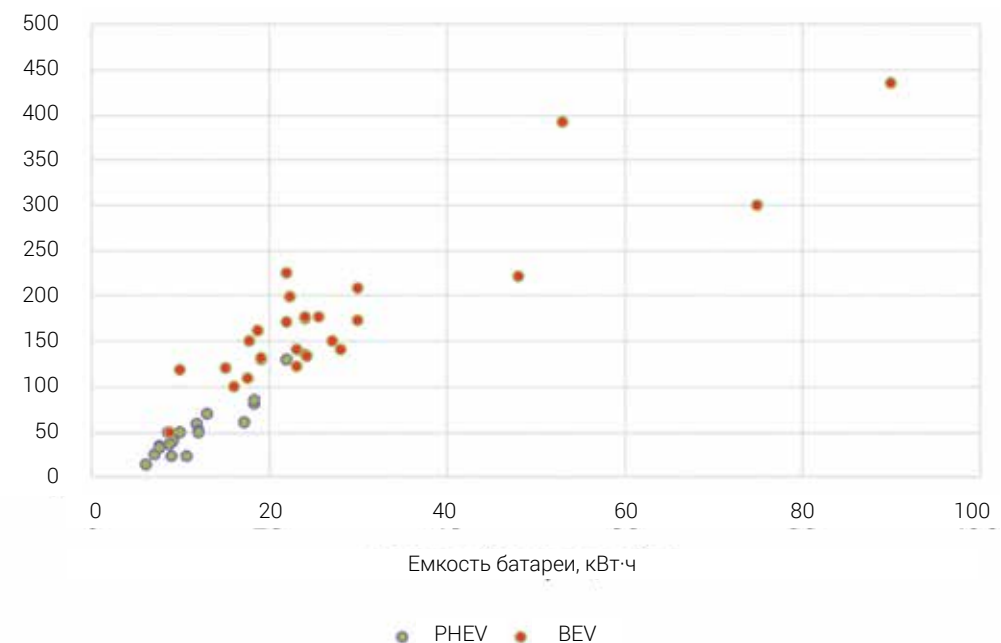
Автономность или дальность пробега современных гибридных автомобилей достигает 750 км и более. В ближайшем будущем она может достигнуть одной тысячи километров. Серийные полностью электрические автомобили, как правило, имеют автономность на уровне 250–300 км. Заявленная автономность топовой модификации Tesla Model 3 приближается к 500 км, а максимальная автономность Tesla Model S, согласно данным EPA (Агентство по охране окружающей среды США), превышает 600 км. Такая высокая автономность электромобилей Tesla достигнута

в первую очередь за счет использования аккумуляторных батарей повышенной емкости, а также посредством оптимизации системы управления аккумуляторными батареями. Однако следует отметить, что американская компания Tesla уже неоднократно попадалась на завышении технических характеристик своих автомобилей.

Автономность пробега современных гибридных автомобилей достигает 750 км. В ближайшем будущем она может вырасти до 1 тыс. км. Электрические автомобили имеют автономность на уровне 250–300 км

В 2015 году Институт транспортных исследований Калифорнийского университета (ITS-Davis) провел сравнительное исследование автономности гибридных (PHEV) и электрических автомобилей (EV) [1] (см. рис. 1). Сравнивая эти цифры с данными, которые мы имеем к 2020 году, можно смело утверждать, что до сих пор не устранен основной недостаток электромобилей, свя-

Рис. 1. Сравнение автономности гибридных (PHEV) и полностью электрических автомобилей (EV)



занный с их невысокой автономностью. Таким образом, недостаточная емкость, большое время заряда, малая удельная энергия аккумуляторов ограничивают уже много лет усилия конструкторов электромобилей. Кроме того, растущая популярность электромобилей требует использования все большего количества аккумуляторных батарей, являющихся компонентами сложных систем, которые должны работать оптимально, чтобы обеспечить безопасное и эффективное использование энергии.

Вместе с тем, постепенно уходит в прошлое другой ключевой недостаток электромобилей, связанный со стоимостью аккумуляторов

Определенные основания для оптимизма дает совершенствование технологии аккумуляторных батарей. Если в 1980-е годы никель-металлгидридные батареи имели удельную емкость до 120 Вт·ч/кг, то современные литий-ионные батареи, применяемые на электромобилях, способны вмещать до 2,6 кВт·ч на килограмм собственного веса (таблица 1). Во-вторых, они допускают более глубокий заряд и разряд. Если для никель-металлгидридного аккумулятора оптимальный диапазон зарядки составляет от 40 до 60 %, то есть всего 20 % общей емкости, то для литий-ионного аккумулятора она в 2,5 раза больше: от 25 до 75 % [3].

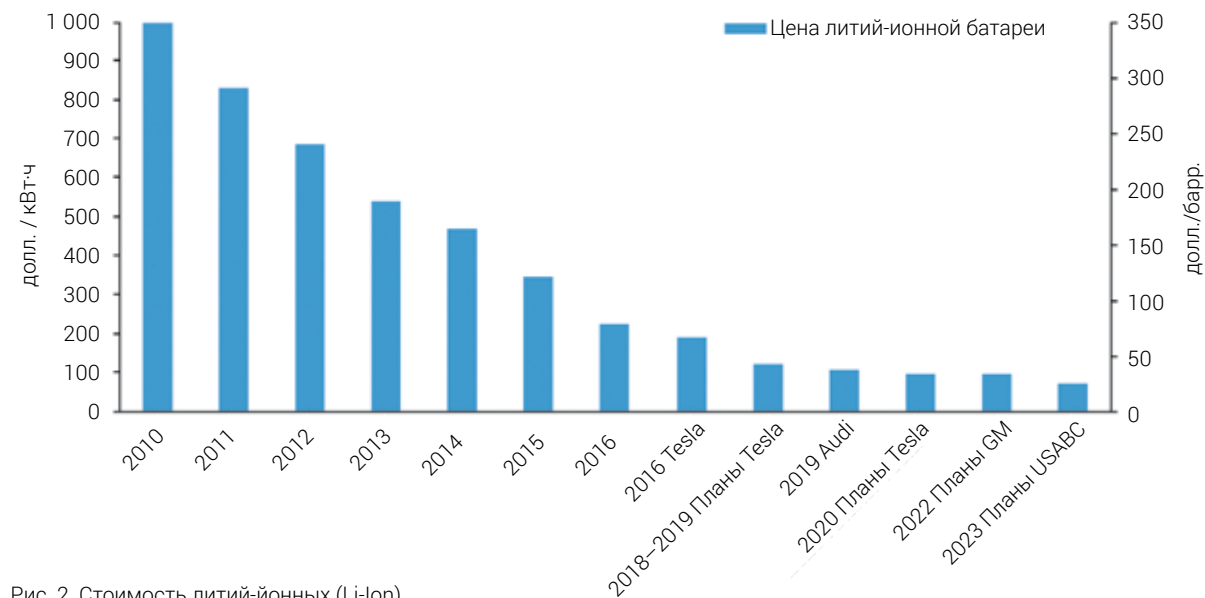


Рис. 2. Стоимость литий-йонных (Li-Ion) аккумуляторов для электромобилей

муляторов (см. рис. 2). Если в 2005 году аккумуляторы стоили в среднем 1300–1500 долларов за кВт·ч, то уже к 2015 году цена упала почти в 3 раза, до 500 долларов. Согласно оптимистичным прогнозам [2], в 2025 году цена может приблизиться к отметке 100 долларов за кВт·ч.

При этом надо понимать, что конкурентоспособность электромобиля напрямую зависит от стоимости нефти. Так, при цене 240 долларов за кВт·ч, литий-йонные аккумуляторы конкурентоспособны при стоимости нефти в 75 долларов за баррель. При цене нефти 50 долларов за баррель стоимость батарей не должна превышать 150 долларов за 1 кВт·ч.

Однако у литий-ионных аккумуляторов есть и существенные недостатки. В отличие от большинства электронных интегральных схем и микрочипов, оптимальный диапазон температур для литий-ионных аккумуляторных батарей довольно узкий (от 25 до 45 °C) и варьируется в зависимости от поставщика, режима зарядки и других факторов. Чтобы обеспечить нормальную работу и избежать необратимых повреждений, средняя температура ячеек и разница температур между ними должны находиться в пределах целевого диапазона. Длительная эксплуатация батарей при температурах ниже –15 °C может снизить емкость батарей и количество возможных циклов зарядки

Параметры батареи	Tesla Model S	Nissan Leaf	BMW i3
Емкость батареи, кВт·ч	85	24	22
Запас хода до полной зарядки, км	426	175	160
Ресурс, лет	7	5	5
Полный цикл зарядки (220 В), ч	8	8	8
Энергопотребление, кВт·ч/100 км	27,7	21	12

Таблица 1. Характеристики аккумуляторных батарей современных электромобилей

вдвое. Этот факт следует учитывать при эксплуатации электромобилей в России. Кроме того, батарея электромобиля испытывает деградацию приблизительно на 0,007–0,01 % при каждом цикле разряда и заряда за счет уменьшения активного вещества анода, катода и электролита.

Регулирование температуры ячеек и аккумуляторных блоков в заданном диапазоне может увеличить количество циклов зарядки аккумулятора, что, в свою очередь, повысит надежность работы устройства. Кроме того, эффективное тепловое решение поможет снизить вероятность катастрофического отказа батареи.

Аккумуляторные блоки имеют разделители, чтобы электроды не касались друг друга и не выделяли тепло. Однако разделители могут выйти из строя по ряду причин. В частности, они могут повредиться при бо-

ковом ударе, а также ударе электрическим током. Кроме того, экстремальные температуры окружающей среды или связанные с работой автомобиля также могут привести к повреждению разделителей. Любая из указанных ситуаций может привести к перегреву, в результате чего аккумулятор может даже взорваться. Чтобы избежать таких проблем, современный электромобиль оснащен надежной и экономичной системой контроля температуры аккумуляторной батареи, которая фиксирует повышение температуры в отсеке батарей и мгновенно прерывает электрическую цепь.

Поскольку литий-ионная аккумуляторная батарея представляет собой сложную мультифизичную систему, при ее проектировании в настоящее время инженеры используют технологии компьютерного и системного моделирования, а также

BMW i3 заряжается на электрозаправочной станции

Источник: Ozef / Depositphotos.com



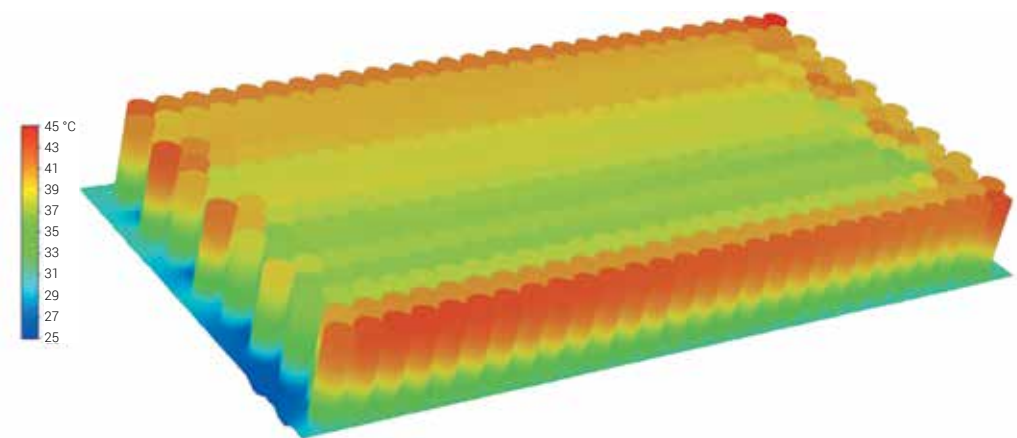


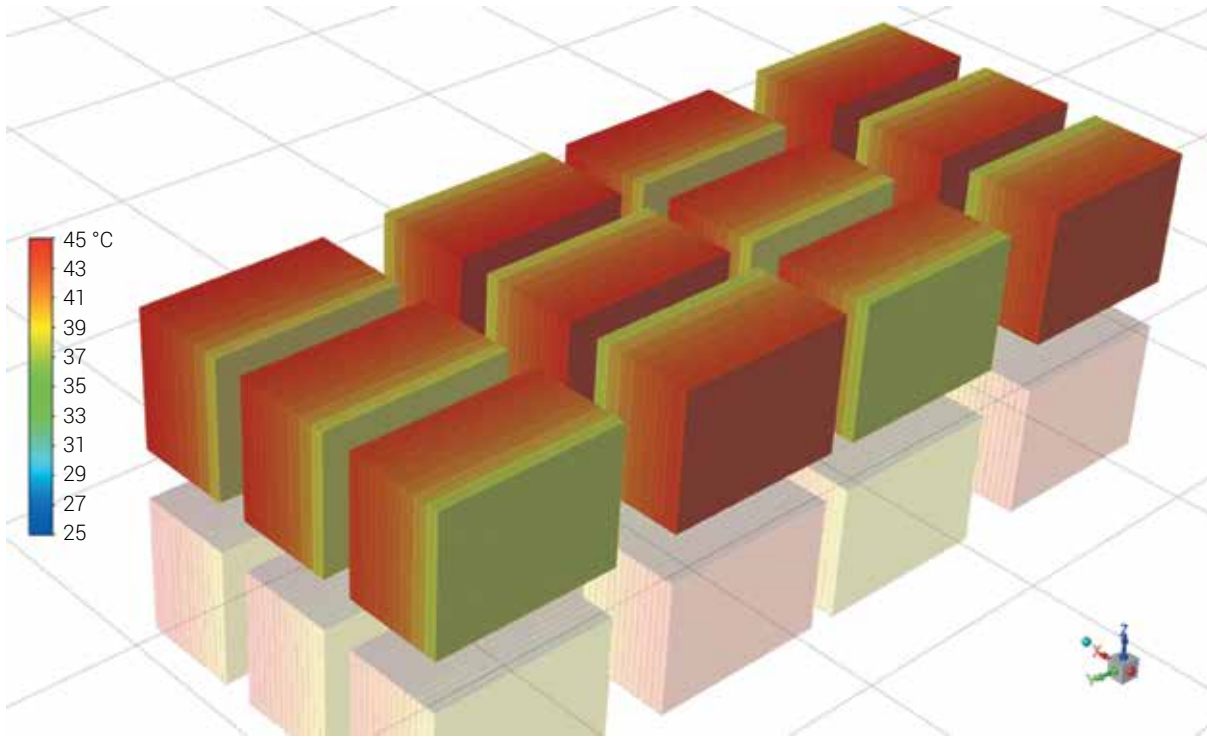
Рис. 3. Объемное поле температур аккумуляторного модуля [4]

цифровых двойников. Так специалисты компании Electronic Cooling Solutions использовали ПО Ansys для оптимизации конструкции тепловой системы аккумуляторной батареи [4]. На рис. 3 показано объемное поле температур аккумуляторного модуля, смоделированное в ПО Ansys. Специалисты Electronic Cooling Solutions получили хорошую корреляцию результатов электротеплового расчета с экспериментальными данными. Расчет теплового

режима батареи, как правило, включает трехмерное CFD-моделирование с высоким разрешением, позволяющее получить объемное распределение температур в аккумуляторном блоке (рис. 4).

Что касается перспектив развития батарей, то они в первую очередь связаны с изменением стехиометрического состава электродов аккумуляторов на основе NMC ($\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$ – литий-никель-марганец-кобальт-оксидные аккумуляторы) в сторону

Рис. 4. Расчет теплового режима батареи, как правило, включает трехмерное CFD-моделирование с высоким разрешением, позволяющее получить объемное распределение температур в аккумуляторном блоке

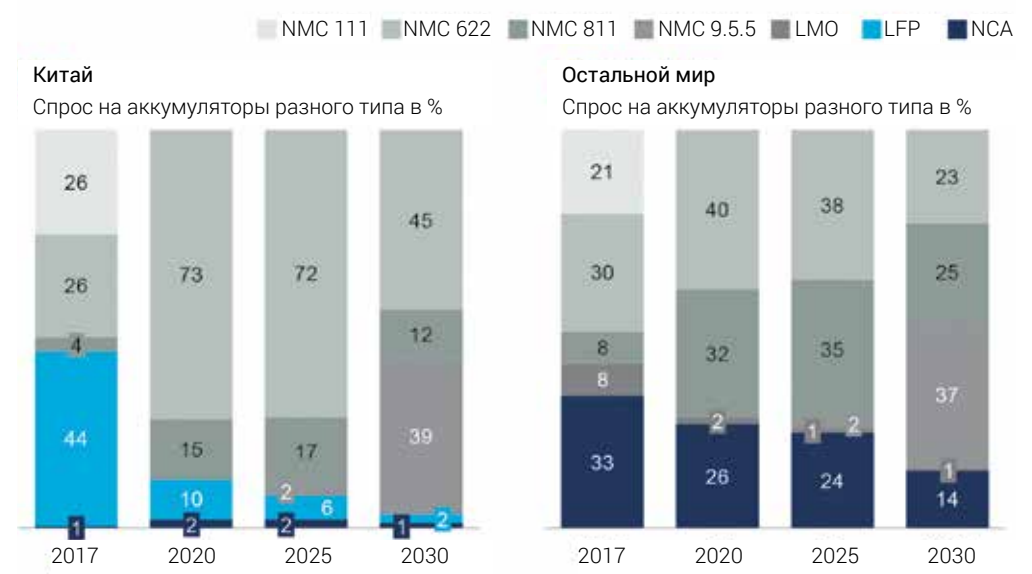


Эксперты отмечают, что существующие литий-ионные батареи практически достигли предела своей эффективности, и в ближайшие пять лет могут нарастить ее не более чем на 20–30%

увеличения содержания никеля и марганца в составе NMC (см. рис. 5), а также с исследованием возможности увеличения электропроводности катода на основе NMC при использовании углеродных покрытий различной природы, в том числе – графена. Анализ литературных данных показывает, что в последнее время появилось много публикаций по модификации катодных материалов графеном [6, 7]. Некоторые аналитики считают, что использование графена позволит сократить на треть стоимость батареи и увеличить ее емкость до 1000 Вт·ч/кг [8].

Также важно отметить, что большинство экспертов сходятся во мнении, что существующие литий-ионные батареи (ЛИБ) практически достигли предела своей эффективности, и в ближайшие 5 лет могут нарастить ее не более чем на 20–30 %.

Рис. 5. Прогноз изменения стехиометрического состава электродов ЛИБ до 2030 года



Твердотельные ЛИБ – еще одна из перспективных технологий в ближайшие 5–10 лет. В теории энергоемкость твердотельных аккумуляторов может достигать 1000 кВт·ч на 1 кг и более. Компания Toyota планирует в начале следующего года представить электромобиль с новым твердотельным аккумулятором, который обеспечит 10-минутную быструю зарядку и дальность пробега до 500 км.

Инфраструктура зарядки, замены и утилизации аккумуляторных батарей

Одной из проблем современных электромобилей является достаточно низкая дальность пробега на одной зарядке. При этом среднее время зарядки батарей электромобиля составляет около 8–12 часов в зависимости от емкости батареи и величины зарядного тока. По данным Международного энергетического агентства, на начало 2020 года в мире насчитывалось чуть более 860 тысяч точек подключения на зарядных станциях. И только треть из них имеют возможность быстрой зарядки. В России сейчас, по данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», зарядная сеть состоит из 251 станции. Группа «Россети» планирует к 2024 году расширить сеть зарядных станций до 1 тысячи единиц, и рассматривает возможность предостав-

ления специальных тарифов для зарядки электромобилей. На первом этапе планируется охватить сетью зарядных станций для электромобилей все крупные города с населением более 1 млн человек. На втором этапе сеть будет в городах с населением от 500 тыс. до 1 млн жителей [9].

Качественно новым этапом развития индустрии электромобилей стала разработка в начале 2000-х концепции Vehicle-2-Grid (V2G) (см. рис. 6). Технология V2G подразумевает возможность организации контролируемого и двустороннего потока электрической энергии между транспортным средством и электрической сетью. Электрическая энергия поступает от сети

стем накопления энергии составит 80 млрд долларов.

Сейчас автоконцерны, крупнейшие производители аккумуляторов и зарядных устройств, международные энергетические компании, активно ищут пути внедрения технологической концепции V2G. Компании Nissan Motor и EDF Group в начале 2019 года подписали соглашение о сотрудничестве по ускорению развития электрической мобильности посредством внедрения контролируемой (интеллектуальной) зарядки для электромобилей. Данное соглашение распространяется на территории Великобритании, Франции, Бельгии и Италии. Оно должно вывести EDF

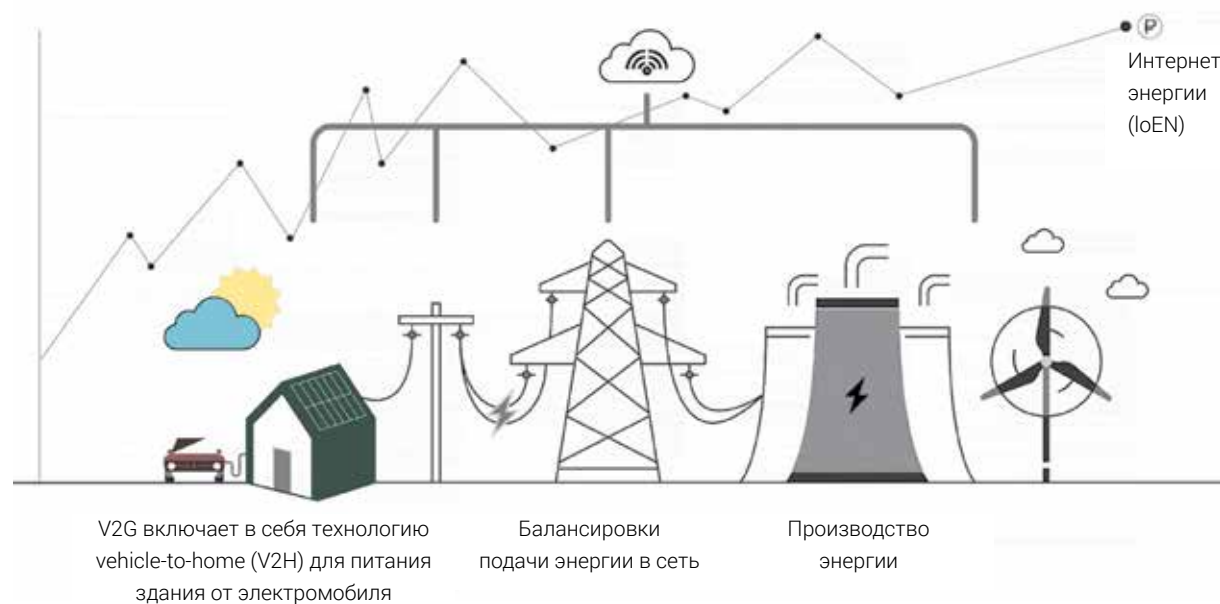


Рис. 6. Базовая схема концепции V2G

к электромобилю для того, чтобы зарядить батарею. И наоборот, когда электрической компании необходима энергия, например, для обеспечения пиковой мощности, транспортное средство возвращает электрическую энергию обратно в сеть.

Исследования показывают, что транспортные средства не используются для активных перевозок более 90 % времени [6], поэтому в это время батареи электромобиля могут без ущерба использоваться для обслуживания рынков электроэнергии. Согласно оценкам Navigant Research, мировая выручка от решений на основе V2G вырастет до 190 млн долларов к 2020 году [10], а к 2025 году глобальный рынок си-

Group к 2022 году в лидеры по зарядной инфраструктуре для электромобилей на этих рынках. В рамках соглашения о сотрудничестве Nissan отвечает за продажу V2G-совместимых электромобилей, а EDF Group отвечает за развертывание сети зарядных станций. Таким образом, технологии контролируемой зарядки очень важны для распространения электрического транспорта. Они позволяют встроить в энергосистему большое количество электрических машин без существенного увеличения мощностей электростанций.

Согласно данным отчета, подготовленного фондом «Центр стратегических разработок» [11], Россия существенно

отстает от других стран в формировании национальной системы накопления электроэнергии (СНЭ) на промышленном уровне. При этом страны-лидеры ведут проактивную политику по данному направлению. Например, Китай относит накопление энергии к одной из 8 ключевых сфер развития энергетики, и планирует до 2021 года ввести 46 ГВт СНЭ. По самым оптимистичным оценкам, максимальный объем российского рынка СНЭ к 2025 году составит 8,6 млрд долларов в год, более реалистичный прогноз дает цифру в 1,5–3 млрд долларов в год.

Возвращаясь к вопросу, который я поставил в начале: почему при активной поддержке со стороны государства, например, в виде субсидий, мы не наблюдаем массового проникновения электромобилей на рынок? Причин здесь несколько. Во-первых, многие эксперты уже сейчас прогнозируют вероятность возникновения дефицита металлов, используемых в изготовлении аккумуляторов. Как отмечают аналитики Wood Mackenzie [12], в ближайшем будущем из-за повышения выпуска электромобилей, спрос на металлы будет повышаться столь быстро, что поставщикам не удастся успевать за ним. Поскольку на планете запасы лития, кобальта и никеля исчерпываются,

их может просто не хватить, чтобы удовлетворить будущий спрос автоконцернов. В современных аккумуляторах стоимость лития формирует 12–15 % его цены, а 14 % всего добываемого лития достается электромобилям. Ожидается, что к 2025 году эта доля вырастет до 40 %.

В современных аккумуляторах стоимость лития формирует 12–15 % его цены, а 14 % всего добываемого лития достается электромобилям. Ожидается, что к 2025 году эта доля вырастет до 40 %

Еще одним сдерживающим фактором для массового выхода электромобилей на рынок является отсутствие жизнеспособной и рентабельной бизнес-модели. Если посмотреть на лидеров автопроизводителей электромобилей, компании GM, Tesla, Mercedes-Benz, то эти производители покрывают убыточность

Электрогрузовик Mitsubishi E-Fuso Vision One

Источник: *tehnot.com*



своих электропроектов доходами от продаж традиционных машин с двигателями внутреннего сгорания. В 2020 году компания Ford Motor отказалась от планов по выпуску электрического кроссовера под премиум-маркой Lincoln, понеся убытки в размере 500 млн долларов. Еще ранее компания Dyson планировала вложить в новое направление 2,7 млрд долларов и приобрела несколько стартапов в области разработки технологий для электромобилей. Компания даже разработала прототип, но в итоге закрыла проект. «Команда Dyson разработала потрясающий электромобиль. Но мы просто не видим, как сделать его производство коммерчески обоснованным», – заявил исполнительный директор компании Джеймс Дайсон.



Первые зарядные станции для электромобилей в Челябинске
Источник: *Uk-parkovaya.ru*

Наконец, полный или частичный отказ от обычных машин с двигателями внутреннего сгорания может спровоцировать значительный рост цен на электричество и его дефицит. Согласно исследованию BloombergNEF, повсеместное распространение электромобилей приведет к росту электропотребления по всему миру на 6,8 % уже к 2040 году, что соответствует 1350 дополнительным ТВт·ч, необходимым для зарядки электромобилей [13]. Также дополнительное электричество потребуется для добычи редкоземельных металлов, используемых в батареях.

Повсеместное распространение электромобилей приведет к росту электропотребления по всему миру на 6,8 % уже к 2040 году или 1350 дополнительным ТВт·ч, необходимым для зарядки электромобилей

Все приведенные факты указывают на то, что государству отводится важная, но не определяющая роль в расширении рынка электрического транспорта. В эпоху глобальной экономики необходимо учитывать множество факторов при разработке стратегии выхода инновационного продукта на рынок, который претендует даже на смену парадигмы городской мобильности и решение экологических проблем.

Заключение

Развитие электромобильного транспорта сегодня рассматривается многими странами мира как способ решения существующих экологических проблем, возможность формирования новых рынков инновационной продукции и потому активно поддерживается государством различными способами. При этом основными барьерами развития «зеленого» транспорта являются стоимостные (высокая цена на электромобили) и инфраструктурные (отсутствие необходимой структуры зарядки, замены и утилизации аккумуляторных батарей). К основным драйверам роста мирового рынка электромобилей специалисты относят меры государственной поддержки спроса на экологически чистые виды транспорта, принятые во многих странах Европы, в США и Китае, а также технологические достижения в производстве батарей, позволяющих снизить стоимость самого дорогого элемента электромобиля – аккумулятора.

Российский рынок электромобилей в настоящее время практически не поддерживается никакими мерами государственного регулирования и развивается спонтанно. Однако интерес к электрификации транспортных средств в России начинается постепенно расти в соответствии с мировыми трендами.



Электромотоцикл Damon Motorcycles с передвижным аккумулятором V2H
Источник: *javelin-tech.com*

Использованные источники

1. Fulton L., Tal G. and Turrentine T. Can We Achieve 100 Million Plug-in Cars by 2030? Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, 2016.
2. Nykvist B. and M. Nilsson M. Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles // Nature Climate Change, Vol. 5, 2015, pp. 329–332.
3. Сараева И. Ю., Стародубцов А. А. Применение современных литий-ионных аккумуляторных батарей на электромобилях // Автомобиль і електроніка. Сучасні технології. 2018, №13.
4. Soleymani A. Digital Twin Prevents Drain on Battery Pack Simulation Time // Ansys Advantage, Issue 2, 2020.
5. Lithium and Cobalt – a tale of two commodities, McKinsey Energy Insights, June 2018.
6. Batteries on wheels: the role of battery electric cars in the EU power system and beyond, Transport & Environment, June 2019.
7. Воронов В. А. Наночастицы сложных оксидов $Li_{1+x}(Ni_xMn_xCo_{1-x})_{1-x}O_{2-x}$: получение, строение и свойства: дисс. кандидата химических наук: 02.00.01 / Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, 2017. 150 с.
8. Ивантер А., Кудияров С. Хайп, замешанный на мифе // Эксперт. 2020, №27.
9. «Россети» рассматривают возможность предоставления спецтарифов для зарядки электромобилей. – URL: <https://www.autostat.ru/articles/45929/> (дата обращения: 18.12.2020).
10. Navigant Research forecasts rapid growth in V2G for ancillary services to 2022; \$190.7M in frequency regulation revenue by then. – URL: <https://www.greencarcongress.com/2013/10/20131018-v2g.html> (дата обращения: 19.12.2020).
11. Рынок систем накопления электроэнергии в России: потенциал развития / Экспертно-аналитический доклад. – URL: <https://www.eprussia.ru/lib/341/3454400/> (дата обращения: 19.12.2020).
12. Рост производства электромобилей создает дефицит материалов для аккумуляторов. – URL: <https://nangs.org/news/renewables/rost-proizvodstva-elektromobiley-sozdaet-defitsit-materialov-dlya-akkumulyatorov> (дата обращения: 19.12.2020).
13. Electric Vehicle Outlook 2020. – URL: <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/> (дата обращения: 19.12.2020).

Ядерная энергетика России в концепции энергетического суверенитета

Russian nuclear power within the concept of energy sovereignty

Евгений АДАМОВ

Научный руководитель проектного направления «Прорыв», научный руководитель «НИКИЭТ», д. т. н., профессор
e-mail: aeo@proryv2020.ru

Evgeny ADAMOV

Academic Director of the «Proryv» Project, JSC «Proryv», Academic Director of JSC «NIKIET», Doctor of Engineering, Full Professor
e-mail: aeo@proryv2020.ru

Евгений МУРАВЬЕВ

Главный научный сотрудник АО «Прорыв», д. т. н.
e-mail: meb@proryv2020.ru

Evgeni MURAVIEV

Chief Scientist, JSC «Proryv», Doctor of Engineering
e-mail: meb@proryv2020.ru

Ядерная энергия становится возобновляемой

Источник: «Росатом»



Аннотация. Предложена концепция энергетического суверенитета России, включая требование независимости от экспорта энергоресурсов. Рассмотрены потенциальные возможности развития ядерной энергетики страны на базе национальных ресурсов природного урана с учетом требования минимизации геополитических рисков. Отмечено, что ядерная энергетика может и должна стать локомотивом, вытягивающим страну на более высокий технологический уровень.

Ключевые слова: энергетический суверенитет, развитие ядерной энергетики, системное моделирование, экспорт АЭС и ядерного топлива, ресурсы урана.

Abstract. A concept of Russian energy sovereignty is presented, suggesting a gradual shift towards acquiring independence from energy resources exports. The country's nuclear power development potential is considered based on national uranium resources, taking into account geopolitical risks minimization. It is suggested that nuclear power can and ought to become an engine for raising the country to a higher technological level.

Keywords: energy sovereignty, nuclear power development, system modeling, NPP and nuclear fuel export, uranium resources.



Единственной серьезной альтернативой как доминирующей углеродной энергетике, так и безуглеродным ВИЭ, может стать ядерная энергетика

Если первое из упомянутых условий дано нам от природы, то второе и третье требуют осознанных усилий, политической воли и, очевидно, достаточно продолжительного времени. В более широком плане, при достижении независимости от импорта не только энергетических, но и других современных технологий, можно будет обеспечить четвертое «замыкающее» условие полного энергетического суверенитета – независимость уже от экспорта энергоресурсов.

Ядерная энергетика – средство достижения энергетического суверенитета

Концепция энергетического суверенитета

Для России, обладающей богатейшими энергетическими ресурсами, концепция энергетического суверенитета имеет особое значение. Наиболее очевидной и общепризнанной основой такой концепции является независимость от импорта энергоресурсов (1). Это необходимое, но далеко не достаточное условие. Сохранение суверенитета при эффективном использовании имеющихся энергоресурсов требует достижения независимости от импорта ключевых энергетических и тесно связанных с ними информационных технологий (2). Еще одним необходимым условием является независимость от иностранных инвестиций в энергетическую базу страны (3).

Очевидно, что в качестве концептуальной основы достижения энергетического суверенитета следует ориентироваться на энерготехнологии, которые наименее уязвимы по отношению к серьезным глобальным вызовам текущего столетия. Речь идет, с одной стороны, о природных факторах, связанных с глобальными климатическими изменениями, вызывающих все более частые катастрофические ураганы, наводнения, засухи и, возможно, землетрясения. Эти факторы будут действовать постоянно независимо от дискуссий о том, являются они следствиями антропогенного воздействия на окружающую среду (в частности, выбросов CO₂) или нет. С другой стороны, в геополитическом плане все более очевидна несостоятельность глоба-

листского мироустройства с встраиванием национальных экономик в единую систему, управляемую, как выясняется, в интересах США, претендующих на роль мирового гегемона. Мир движется к образованию многополярной структуры, в которой Россия может и должна естественным образом стать одним из полюсов, поскольку для нее это единственно возможный, исторически сложившийся способ выживания. Полный энергетический суверенитет в таких условиях становится жизненной необходимостью.

Традиционная нефтегазоугольная энергетика не может в перспективе служить надежной базой энергетической, и в более широком плане – экономической безопасности страны. Усложнение условий добычи, включая освоение морского шельфа, ведет к увеличению рисков, связанных с природными катаклизмами. Вероятность введения жестких ограничений на выбросы CO₂ обуславливает экономические риски энергопроизводства путем сжигания горючих ископаемых, дополнительные и все

Ремонт графитовой кладки РБМК 2, Курская АЭС

Источник: «Росатом»



Необходим целенаправленный переход на новую технологическую платформу для создания парка экономически привлекательных реакторов на быстрых нейтронах естественной безопасности

более очевидные риски для национальной экономики при сохранении необходимости экспорта энергоресурсов создаются из-за нестабильности мировых рынков и политических санкций.

Ветровая и солнечная энергетика, бурно развивавшаяся в последнее время, вряд ли может заменить традиционную. С одной стороны, накопленные данные по технологиям производства энергооборудования ставят под сомнение как возможности снижения выбросов CO₂, так и экономическую эффективность генерации электроэнергии при отмене широко применявшихся льгот и дотаций и учете ресурсных ограничений (земля, металлы и сплавы, редкоземельные элементы). С другой стороны, развертывание обширных энергополей ветровых установок (особенно морского базирования) и солнечных панелей было бы связано с высокими рисками воздействия аномальных природных явлений.

Единственной серьезной альтернативой как доминирующей углеродной энергетике на горючих ископаемых, так и безуглеродным ВИЭ, может стать лишь ядерная энергетика. Но речь должна идти не о существующей атомной промышленности с реакторами на тепловых нейтронах (РТН), которая, являясь по существу побочным продуктом разработок по созданию ядерного оружия, не решила на сегодня ряд таких серьезных проблем, как:

- неустранимый потенциал опасности доминирующих легководных реакторов, связанный с наличием значительной запасенной энергии перегретой воды под давлением, способной мобилизовать накопленную в активной зоне радиоактивность при тяжелых авариях. При



Замена генератора, Балаковская АЭС

Источник: «Росатом»

ожидаемом увеличении ядерных генерирующих мощностей в разы соответствующий рост риска становится неприемлемым;

- продолжающееся накопление отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) с радиоактивными продуктами деления и особо опасными долгоживущими изотопами плутония и минорных актинидов (МА);
- крайне неэффективное (менее 1 %) использование ресурсов природного урана;
- продолжающееся удорожание энергоблоков из-за ужесточения требований к системам безопасности.

Создание масштабной атомной энергетики потребует сочетания крупных ядерных промышленных энергокомплексов, объединенных в трансрегиональные энергосети и локальных сетей, включающих ВИЭ

Приемлемой перспективой является ядерная энергетика на новой технологической платформе реакторов на быстрых нейтронах (РБН) естественной безопасности с замкнутым ядерным топливным циклом (ЯТЦ) [1]. Это может стать крупномасштабной базовой энергетической системой страны. Но реализация этой системы должна быть осуществлена в достаточно сжатые сроки.

Необходим целенаправленный переход в обозримой перспективе на новую технологическую платформу для создания парка экономически привлекательных реакторов на быстрых нейтронах естественной безопасности с высококипящим, инертным по отношению к воде и воздуху свинцовым теплоносителем, работающих в замкнутом цикле на собственном регенерированном топливе и способных в то же время утилизировать плутоний и минорные актиниды из накопленных запасов ядерных отходов. Последние в конечном итоге могут быть полностью заменены на более эффективные реакторы на быстрых нейтронах по завершении переходного этапа двухкомпонентной структуры ядерной энергетики. Чем раньше это будет сделано, тем быстрее будут сняты ограничения на масштабы развития атомной промышленности, обусловленные требованиями безопасно-

В перспективе развития большой ядерной энергосистемы представляет интерес создание ядерных парогазовых установок на базе реакторов на быстрых нейтронах с комбинированным парогазовым циклом

сти, тем больше будут сэкономлены ресурсы природного урана для этого развития.

Если исключить будущие риски, связанные с необходимостью приобретения урана на мировых рынках, то, при условии рационального использования имеющихся национальных ресурсов, в России может быть создана самодостаточная (с прекращением добычи природного урана) ядерная энергетическая система, в 10–15 раз превышающая по мощности электрогенерации существующую сегодня. Для ее реализации приоритет в стратегическом плане должен отдаваться использованию всех ресурсов ядерного топлива внутри страны, тогда как экспортные услуги в сфере ядерного

топливного цикла следует предоставлять лишь на основе сырья, приобретаемого на мировых рынках либо поставляемого заказчиком.

Эти соображения диктуют необходимость пересмотра популярной сегодня концепции активного строительства российских АЭС за рубежом в пользу стратегической цели обеспечения энергетического суверенитета с созданием самодостаточной крупномасштабной национальной ядерной энергетики и снижением геополитических рисков. Экспорт ядерных энерготехнологий должен осуществляться не в ущерб сохранению всех видов национальных ресурсов, необходимых для достижения этой цели, а доходы от экспорта, в случае наличия в поставляемых объектах и продуктах импортных составляющих, должны в приоритетном порядке направляться на развитие соответствующих отечественных производств. По этому же принципу, в более широком плане государственного межотраслевого регулирования, доходы от традиционного экспорта энергоресурсов должны в первую очередь направляться на развитие технологий и промышленной базы страны, устраняющих его безусловную необходимость.

В части ядерного топливного цикла Россия сегодня обладает технологиями, прак-

тически не зависящими от зарубежных поставщиков. Такое положение должно быть обеспечено и в отношении всех звеньев энергопроизводства, включая технологическое оборудование, энергетическое машиностроение, автоматизированные системы управления и информационные технологии в целом. Ядерная энергетика может и должна стать локомотивом, вытягивающим страну на более высокий технологический уровень – уровень самодостаточности в рамках широкой государственной межотраслевой программы. Здесь следует подчеркнуть, что самодостаточность не означает самоизоляции, подразумевающей разрыв связей рассматриваемой системы с внешним миром. Последние должны, конечно, сохраняться, но с соблюдением упомянутых выше условий суверенитета.

Создание крупномасштабной ядерной энергетики естественным образом потребует комплексного развития национальных систем энергоснабжения. Наиболее целесообразным представляется сочетание крупных ядерных промышленных энергокомплексов, объединенных в трансрегиональные базовые энергосети, и локальных сетей с распределенными источниками энергии, включая ВИЭ. Как известно, ядерные объекты по определению проектируются с учетом требований высокой защищенности от неблагоприятных внешних воздействий, как природных (землетрясения, наводнения, ураганы и т. п.), так и антропогенных (террористические акты, внешняя агрессия). В составе крупных промышленных энергокомплексов физическая защищенность может быть дополнительно усилена с использованием новых технологий в области обороны. Вместе с этим должна быть обеспечена и высокая защищенность магистральных базовых энергосетей с переходом от традиционных ЛЭП на сверхпроводящие кабели (еще одно направление развития отечественных высоких технологий).

По мере увеличения вклада ядерной энергосистемы в общее энергопроизводство неизбежно будет возрастать необходимость регулирования мощностей АЭС, отдаваемых в сеть. Однако снижение выработки электроэнергии для капиталоемких ядерных энергоблоков экономически заведомо невыгодно. Провалы потребляемой мощности в локальных сетях могут смягчаться путем увеличения использования электроэнергии в целях особо важного для

России теплоснабжения, которое может быть сделано высокоэффективным при широком внедрении тепловых насосов. Проблема может также частично решаться путем переброски мощности по межрегиональной сети, но наряду с этим важной новой функцией ядерных энергокомплексов должно стать производство дополнительных хранимых продуктов (водород, пресная вода и т. п.), получаемых за счет



Калининская АЭС
Источник: «Росатом»

выработки избыточной электроэнергии в периоды пониженной сетевой нагрузки. В силу тех же природных и геополитических причин, а также с учетом требований по приемлемой экономической эффективности, для небольших локальных энергетических сетей районного и городского масштаба, функционирующих сегодня вне зоны централизованного энергоснабжения, наиболее оптимальным вариантом является использование малых атомных энергетических источников. Помимо удовлетворения существующей потребности жилищно-коммунального хозяйства в тепловой и электрической энергии, а также стабилизации на социально-приемлемом уровне отпускных тарифов, малая атомная энергетика способна стать драйвером роста добывающих и перерабатывающих предприятий, нейтрализуя локальный энергодефицит. Эффективное использование таких дополнительных продуктов также должно быть предусмотрено в рамках упо-

Ремонт графитовой кладки РБМК, Курская АЭС

Источник: «Росатом»

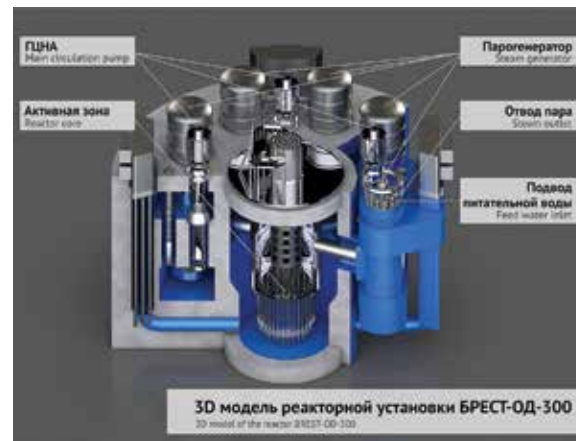


мянутой государственной межотраслевой программы.

В перспективе развития большой ядерной энергосистемы представляет интерес еще одно направление межотраслевой кооперации – создание ядерных парогазовых установок на базе реакторов на быстрых нейтронах с комбинированным парогазовым циклом, использующих природный газ в качестве дополнительного источника тепловой энергии. В паровом цикле ядерных энергоблоков температура пара перед турбиной и, соответственно, КПД преобразования тепловой энергии в электрическую ограничены допустимой максимальной температурой теплоносителя первого контура. В реакторах на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем ожидается получение КПД не ниже 40 % (что само по себе значительно лучше, чем 33–35 % в традиционных водо-водяных реакторах). В комбинированном цикле природный газ может быть использован для дополнительного пароперегревателя перед турбиной либо путем прямого сжигания в камере сгорания, либо после приведения в действие газовой турбины, работающей в тандеме с основной паровой. Такая система будет иметь общий КПД не ниже 50 % – на уровне современных парогенераторных установок, но при расходе природного газа в 4 раза меньше, чем в обычной установке равной тепловой мощности. Подсоединение ядерных промышленных энергокомплексов к сети газораспределения позволит в дальнейшем использовать эту инфраструктуру для транспортировки вырабатываемого ими водорода. Малая инерционность газовой составляющей энергооборудования облегчит при необходимости маневрирование мощностью.

В комбинированном цикле газ может использоваться либо путем прямого сжигания, либо после запуска газовой турбины в тандеме с паровой.

Такая система будет иметь общий КПД 50 %



Модель реакторной установки БРЕСТ-ОД-300
Источник: проект «Прорыв»

Анализ возможностей ядерной энергетики России с переходом на новую техноплатформу

Возможность перехода ядерной энергетики России на новую технологическую платформу до конца века иллюстрируется результатами сценарного исследования, выполненного на системных моделях АО «Прорыв» [2]. В качестве референтного использован аналог варианта 5 базового сценария из Стратегии-2018 [3] с формированием двухкомпонентной структуры ядерной энергетики и ростом установленных мощностей АЭС к 2100 году до 91 ГВт(э).

Референтный сценарий 1 построен с учетом положений Энергетической стратегии РФ до 2035 г. [4], объемы ввода водо-водяных энергетических реакторов до 2030–2035 гг. и выводы старых блоков ВВЭР и РБМК соответствуют генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2035 г. [5], а также пусков первых блоков реакторов на быстрых нейтронах нового поколения, заложенных в Стратегию-2018. Общий рост установленных мощностей АЭС экстраполирован до 2130 г. Ожидается, что к концу 2030-х годов будет достигнуто необходимое подтверждение технико-экономических показателей и получен опыт эксплуатации новых реакторов на быстрых нейтронах в составе промышленных энергокомплексов с пристанционным ядерным топливным циклом, что позволит перейти к их расширенному развёртыванию с прекращением ввода ВВЭР после 2040 г.



Кольская АЭС

Источник: «Росатом»

При реализации масштаба развития, принятого в Стратегии-2018, интегральная потребность двухкомпонентной ядерной энергосистемы России в природном уране к концу века не превысит ~240 кт, что оставляет достаточно широкое окно возможностей для дополнительного роста. В рамках концепции энергетического суверенитета России важно оценить потенциальные возможности развития национальной ядерной энергетики при полном использовании известных собственных ресурсов природного урана. Такая оценка выполнена в сценариях 2 и 3, отличающихся задаваемым уровнем экспорта мощностей АЭС с ВВЭР: умеренным, с выходом зарубежного парка ВВЭР на 36 ГВт(э) и максимальным, с выходом на 67 ГВт(э), что сопоставимо с декларируемым «портфелем заказов» ГК «Росатом» [6]. Дополнительно рассмотрен сценарий 4 с максимальным экспортом ВВЭР при одновременном увеличении выработки электроэнергии в России до уровня сценария 2 за счет бридинга плутония на референтном парке реакторов на быстрых нейтронах. Ввод экспортных ВВЭР во всех случаях прекращается после 2050 г. Структура собственных генерирующих мощностей России сохраняется, как в референтном сценарии 1, с выходом, согласно Стратегии-2018, на 91 ГВт(э) и полной заменой ВВЭР на реакторы на быстрых нейтронах к концу века.

Сверх этого, начиная с 2045 г., предполагается ввод дополнительных «экстра» мощностей реакторов на быстрых нейтро-

нах, которые могут рассматриваться и как экспортируемые, и как создаваемые на территории России в рамках программы (пока гипотетической) максимального развития национальной ядерной энергетики. Для ввода этих «экстра» мощностей могут быть использованы все остающиеся топливные ресурсы: плутоний из ядерных отходов собственных российских и экспортных реакторов на тепловых нейтронах и природный уран либо с низким обогащением (~5,7 %) в виде добавки к пусковому уран-плутониевому топливу, дающей экономию плутония, либо со средним обогащением ~13 % для чисто уранового топлива первых загрузок. Доли этих двух продуктов обогащательного производства в общесистемном ядерном топливном цикле оптимизируются с учетом условий как полного использования ресурса плутония, так и реализации ограничения по национальным ресурсам природного

Помимо поставок тепла и электричества для ЖКХ, малая атомная энергетика способна стать драйвером роста добывающих и перерабатывающих предприятий, нейтрализуя локальный энергодефицит

урана на уровне 730–800 кт [7]. Наряду с этим для парка реакторов на быстрых нейтронах на территории России возможна работа в режиме бридинга плутония путем использования бланкетов в виде торцевых и боковых зон воспроизводства с загрузкой отвального урана. Ключевые исходные положения для рассматриваемых сценариев показаны в таблице 1.

На рис. 1 представлена динамика потребления природного урана с детализацией



Билибинская АЭС
Источник: «Росатом»

по конечным потребителям в сценариях 2 и 3 с различными масштабами экспорта ВВЭР. Видно, что ресурс природного урана для развития «экстра» мощностей реакторов на быстрых нейтронах в сценарии 3 не используется, поскольку при максимальном экспорте ВВЭР (с соответствующим топливообеспечением) ограничение по интегральному потреблению урана приближается уже к концу века.

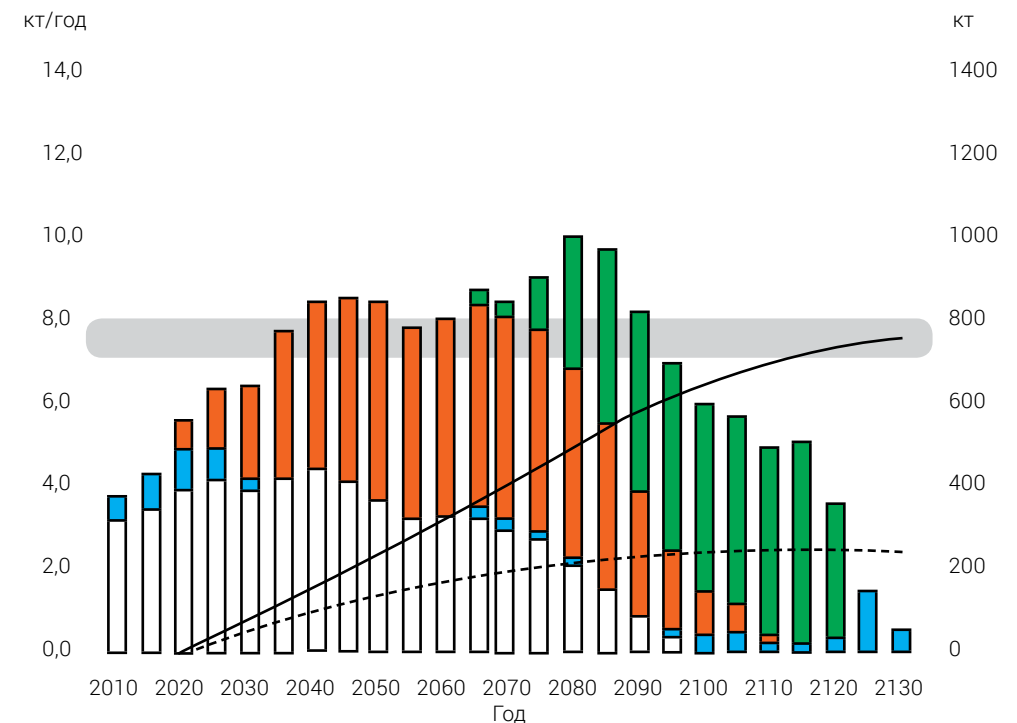
Различия в использовании топливных ресурсов в сравниваемых сценариях обуславливают динамику ввода «экстра» мощностей таких реакторов с выходом в каждом случае на свой стационарный уровень при достижении ограничения по национальным ресурсам урана. Принято, что этот выход (с учетом вывода энергоблоков с истекающим сроком службы 60 лет) реализуется на горизонте 2130 г., который был принят ранее в сценарии 1 (с запасом по отношению к целевому 2100 г.). На самом деле развертывание «экстра» мощностей может быть растянуто по времени и до середины следующего века, и далее, при этом важно лишь, что представленные топливные балансы не изменятся.

Динамика роста установленных мощностей АЭС в сравниваемых сценариях показана на рис. 2. При умеренном экспорте ВВЭР (рис. 2а) можно развить «экстра» мощности реакторов на быстрых нейтронах к горизонту событий 2130 г. до 300 ГВт(э). Вместе с мощностями по референтному сценарию 1 это дает потенциал мощности ядерной энергосистемы 409 ГВт(э). Максимальный экспорт ВВЭР в сценарии 3 (рис. 2б) приводит к снижению достижимых «экстра» мощностей быстрых реакторов почти втрое – до 108 ГВт(э), а мощности ЯЭС в целом до 217 ГВт(э).

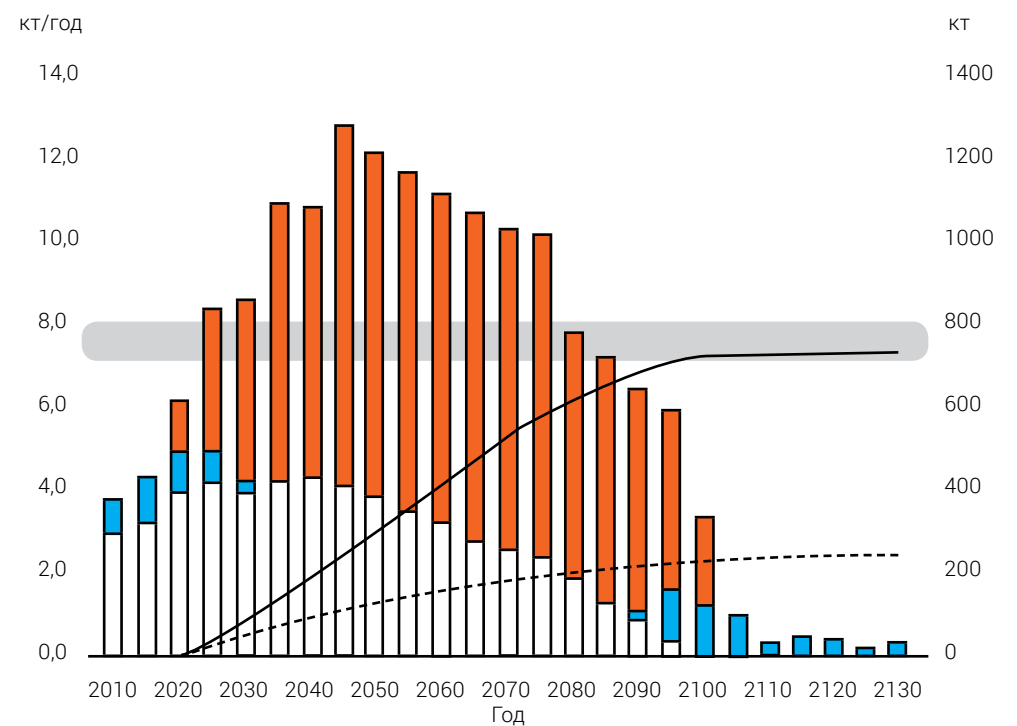
В терминах выработки электроэнергии выбор сценария 2 (рис. 3а) означает возможность обеспечить к 2130 г. ожидаемое собственное производство России целиком за счет ядерной генерации, тогда как максимальный экспорт ВВЭР по сценарию 3 (рис. 3б) ограничит ее достижимый вклад на уровне 55 %. Разница по показателю интегральной выработки электроэнергии в этих сценариях составляет 4,7 ТВт·лет. Если исходить из предположения, что в сценарии 3 эту разницу в выработке компенсируют парогенераторные установки, то потребуется сжечь дополнительно

Таблица 1. Ключевые исходные положения рассматриваемых сценариев

№	Масштаб экспорта ВВЭР	Источник Р _и	Ограничение по ресурсу U
1	Нет	Склад + ОЯТ РТН России	Нет
2	Умеренный	Склад + ОЯТ РТН России + ОЯТ экспортных ВВЭР	730–800 кт
3	Максимальный	Склад + ОЯТ РТН России + ОЯТ экспортных ВВЭР	730–800 кт
4	Максимальный	Склад + ОЯТ РТН России + ОЯТ экспортных ВВЭР + бридинг на референтном парке РБН	730–800 кт



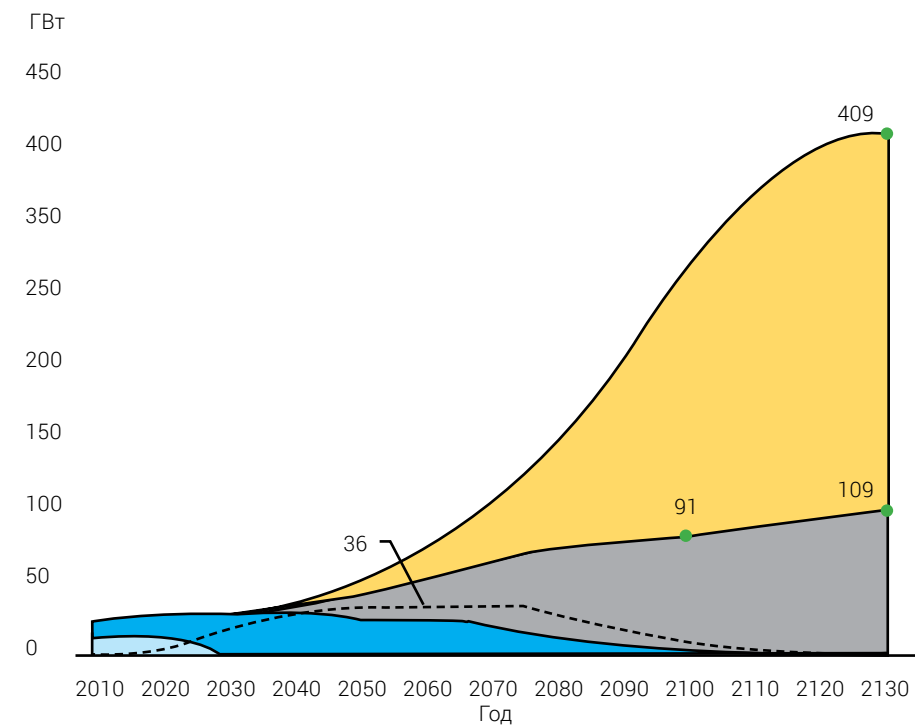
а) умеренный экспорт ВВЭР (сценарий 2)



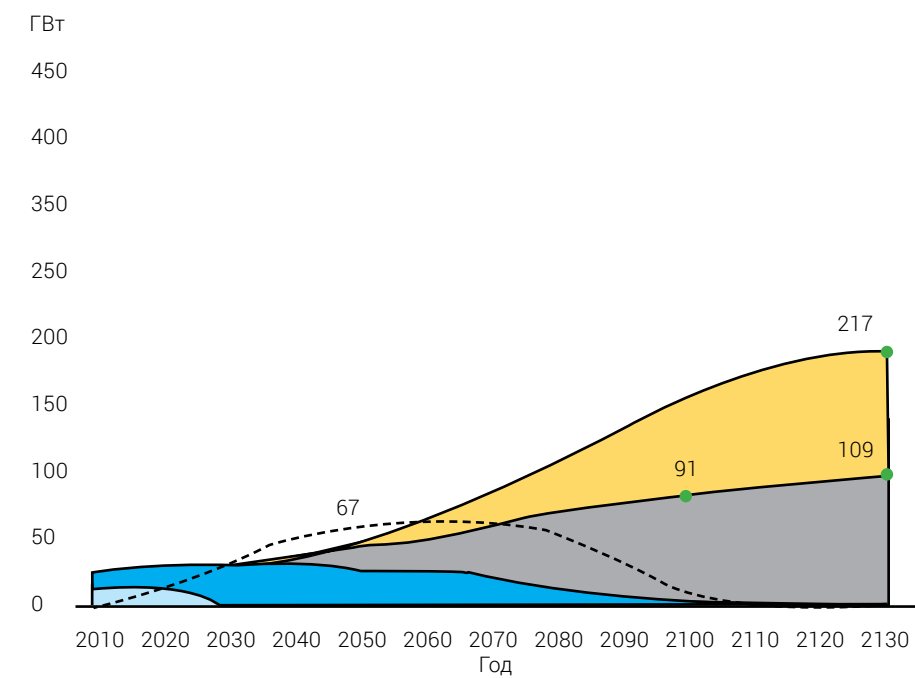
б) макс. экспорт ВВЭР (сценарий 3)

- для РТН России, кт/год;
- для РБН России, кт/год;
- для ВВЭР на экспорт, кт/год;
- для РБН «экстра», кт/год;
- интеграл с 2020 г. для России, кт;
- интеграл с 2020 г., вкл. «экстра», кт;
- национальные запасы, кт

Рис. 1. Текущее и интегральное потребление природного урана



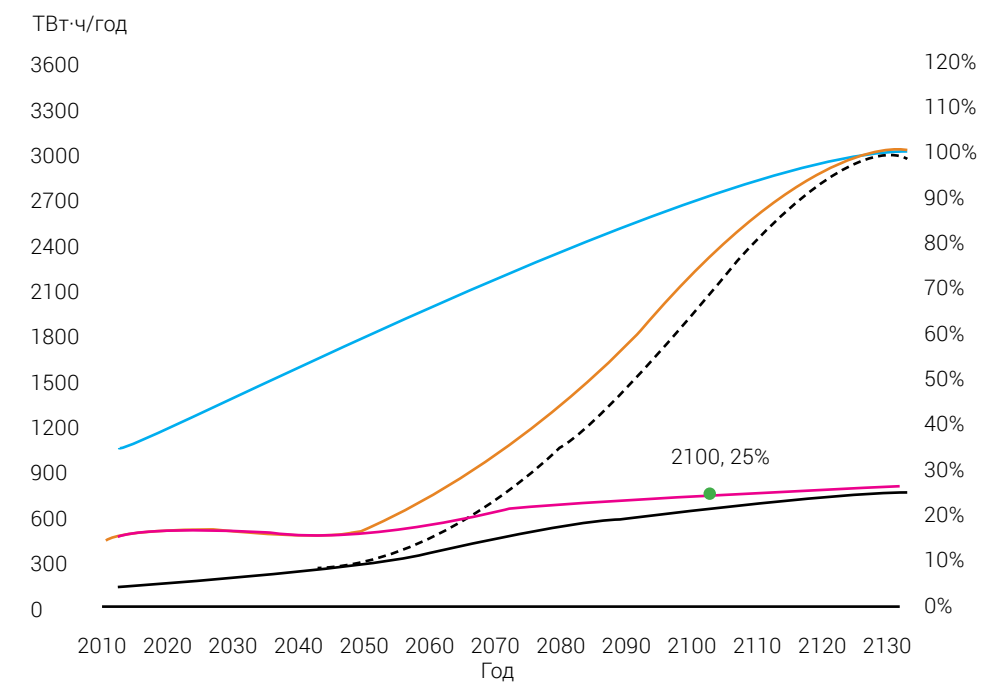
а) умеренный экспорт ВВЭР (сценарий 2)



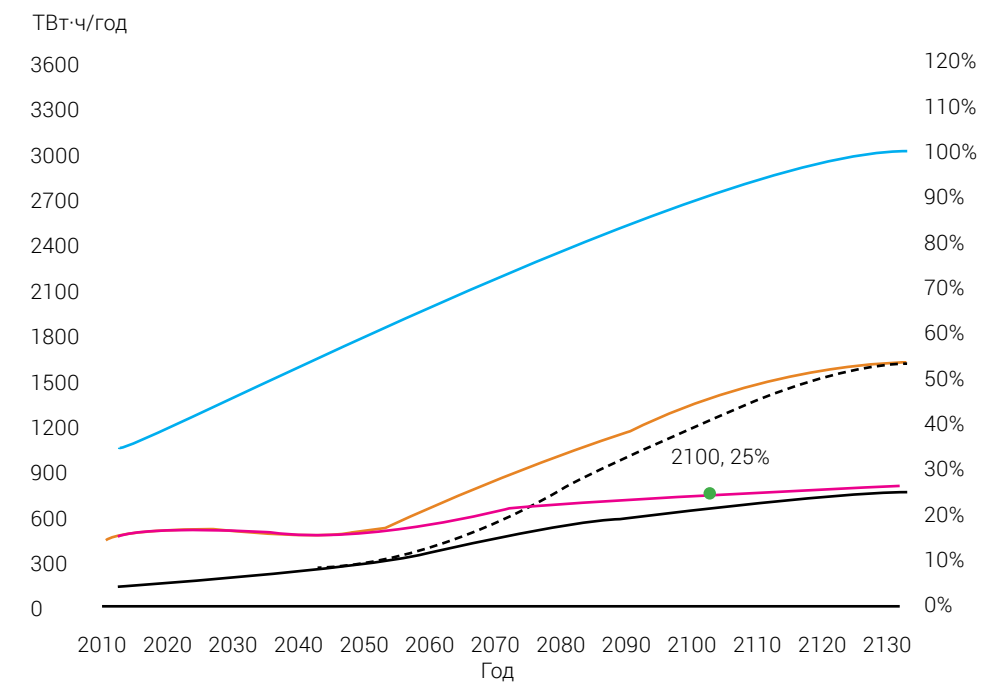
б) макс. экспорт ВВЭР (сценарий 3)

- РБМК;
- ВВЭР России;
- РБН России (реф.);
- всего по России (реф.);
- ВВЭР экспорт;
- РБН «экстра»

Рис. 2. Установленные мощности АЭС



а) умеренный экспорт ВВЭР (сценарий 2)



б) макс. экспорт ВВЭР (сценарий 3)

- предполагаемое полное производство в России;
- АЭС России;
- доля АЭС России;
- АЭС России + «экстра»;
- доля АЭС России + «экстра»

Рис. 3. Производство электроэнергии

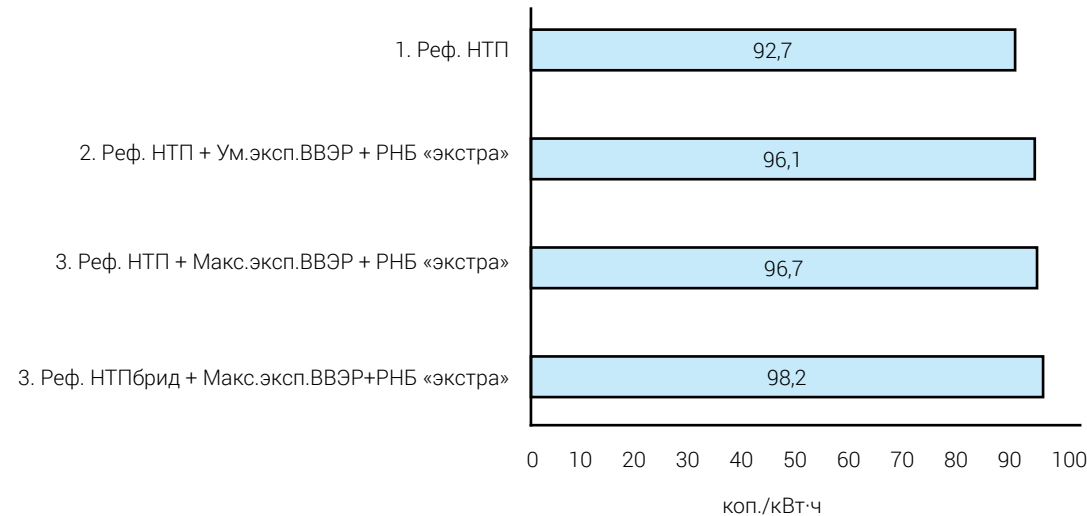


Рис. 4. Приведенная общесистемная стоимость электроэнергии (SLCOE, норма дисконтирования d = 0)

~7,3 трлн кубометров природного газа, что в 15 раз превышает его сегодняшнее годовое потребление в России и должно сопровождаться выбросом 17 млрд т CO₂ (половина сегодняшних общемировых выбросов за год).

Следует отметить, что ядерная генерация в России при максимальном экспорте ВВЭР может быть, в принципе, повышена до уровня сценария 2 за счет бридинга плутония. Но для этого потребовалось бы, как показывает исследование соответствующего сценария, увеличение топливопотребления реакторов на быстрых нейтронах и потоков продуктов через переделы ядерного топливного цикла в 1,8 раза, сопровождаемое ростом на 40 % накапливаемых объемов ВАО для захоронения. Увеличение потоков продуктов через переделы топливных циклов реакторов на быстрых нейтронах при использовании бридинга означает по существу снижение средней глубины выгорания топливных загрузок, несмотря на достижение максимально допустимого выгорания топлива в активной зоне, что негативно влияет на технико-экономические показатели топливного цикла.

Для оценки сравниваемых сценариев по экономической эффективности можно использовать показатель приведенной общесистемной стоимости электроэнергии (или тариф безубыточности) – SLCOE на рассматриваемом интервале времени, учитывающий полные затраты на генерацию электроэнергии, на все переделы топливного цикла и на обращение с отходами, а также интегральную выработку электро-

энергии. При этом, имея в виду большую и к тому же условно принятую протяженность временного интервала, наиболее адекватным представляется сравнение в терминах абсолютных затрат, то есть с нулевой нормой дисконта.

Результаты расчета SLCOE на системной модели показаны на рис. 4 для референтного сценария 1 (без учета экспорта) и рассмотренных выше сценариев 2 и 3 с различными масштабами экспорта ВВЭР, а также для дополнительного сценария 4 с максимальным экспортом ВВЭР при одновременном увеличении выработки электроэнергии в России до уровня сценария 2 за счет бридинга плутония на референтном парке реакторов на быстрых нейтронах.

Стоимость киловатт-часа при кардинальном увеличении масштаба ядерной энергетической системы в сценариях 2–4 возрастает примерно на 4–6 % относительно уровня референтного сценария 1, что объясняется удорожанием урана при максимальном использовании его ресурсов. Это можно считать вполне приемлемым, учитывая несомненные выгоды от экономии традиционных энергоресурсов нефти и газа. Сценарии 3 и 4 с максимальным экспортом ВВЭР не дают преимуществ по стоимости киловатт-часа по сравнению со сценарием 2, где реализуется максимальный масштаб мощности ядерной системы России (рис. 2а) и выработка электроэнергии (рис. 3а) при значительно меньших затратах топливных ресурсов на экспорт.

Заключение

Предлагаемая концепция энергетического суверенитета, включая устранение необходимости экспорта энергоресурсов, ориентирована на приоритетное использование всех ресурсов ядерного топлива внутри страны с предоставлением экспортных услуг в сфере ядерного топливного цикла лишь на основе сырья, приобретаемого на мировых рынках либо поставляемого заказчиком.

При условии рационального использования имеющихся национальных ресурсов, в России может быть создана самодостаточная (с прекращением добычи природного урана) ядерная энергетическая система, в 10–15 раз превышающая по мощности электрогенерации существующую сегодня.

Ядерная энергетика России может быть переведена до конца века на новую технологическую платформу, базирующуюся на реакторах на быстрых нейтронах с замкнутым ядерным топливным циклом, через промежуточный этап формирования двухкомпонентной структуры с РТН и РБН. При этом собственные потребности двухкомпонентной ядерной энергетики России в природном уране на уровне 200 кт, соответствующие масштабу развития согласно Стратегии-2018, оставляют достаточно широкое окно возможностей для дополнительного развития на базе известных национальных ресурсов (730–800 кт).

Проведенное сценарное исследование показывает потенциальную возможность 100 %-го обеспечения собственного производства электроэнергии в России за счет ядерной генерации на АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. Это позволит радикально изменить общий топливный баланс страны путем сокращения сжигания горючих ископаемых с соответствующим снижением

выбросов CO₂, реализовать крупномасштабное производство ценных дополнительных продуктов – водорода и пресной воды, на новой технологической основе решить проблемы теплоснабжения, коренным образом улучшить экологическую обстановку.

Россия сегодня обладает ядерными технологиями, практически не зависящими от зарубежных поставщиков. Такое положение должно быть обеспечено и в отношении



Установка парогенерирующего блока (ПГБ) ядерной энергетической установки КЛТ-40С
Источник: «Росатом»

всех звеньев энергопроизводства, включая технологическое оборудование, энергетическое машиностроение, автоматизированные системы управления и информационные технологии в целом. Атомная энергетика может и должна стать локомотивом, вытягивающим страну на более высокий технологический уровень.

Использованные источники

1. Министерство РФ по атомной энергии. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века. М.: Минатом России, 2000.
2. Муравьев Е.В. Системные исследования в обоснование стратегии развития ЯЭ. М.: АО «НИКИЭТ», 2019. 412 с.
3. Стратегия развития ядерной энергетики России до 2050 года и перспективы на период до 2100 года. М.: ГК «Росатом», 2018.
4. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р.
5. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2017 г. № 1209-р.
6. Uranium 2018: Resources, Production and Demand. OECD 2018, NEA No. 7413.
7. URL: <https://rosatom.ru/about/>
8. Стратегия развития атомной энергетики России в 2020-2050 гг. и прогноз на период до 2100 г. (Проект). М.: ГК «Росатом», 2017.

От отходов угольных электростанций к производству строительных материалов

From coal-fired power plant waste to building materials production

Виктор АНИКЕЕВ

Объединенная металлургическая компания, к. т. н.

e-mail: vero1028@mail.ru

Viktor ANIKEEV

OMK, C.Sc. Tech

e-mail: vero1028@mail.ru

Дмитрий СИЛКА

РАНХиГС, д. э. н.

e-mail: silka-dn@ranepa.ru

Dmitriy SILKA

RANEPa, D. Sc. Economic

e-mail: silka-dn@ranepa.ru

Бородинский разрез

Источник: «СУЭК»



Аннотация. Статья описывает проблему образования золошлаковых отходов при использовании угля в электрогенерации. Авторы приводят подробный анализ различных вариантов использования этих отходов, в первую очередь, в строительной промышленности. Они отмечают, что на данный момент необходимо усовершенствовать нормативную базу применения золошлаковых отходов в строительстве. Кроме того, обращают внимание на необходимости стимулирования создания рынка золошлаковых материалов.

Ключевые слова: угольная генерация, золошлаковые отходы, строительные материалы, сокращение расходов.

Abstract. The article describes the problem of ash and slag waste formation when using coal in power generation. The authors provide a detailed analysis of various options for using this waste, primarily in the construction industry. They note that at the moment it is necessary to improve the regulatory framework for the use of ash and slag waste in construction. In addition, attention is paid to the need to stimulate the creation of a market for ash and slag materials.

Keywords: coal generation, ash and slag waste, construction materials, cost reduction.

“

Плюсы угля в широком распространении месторождений, низких ценах и отсутствии необходимости специальных условий для транспортировки

Основная проблема применения угля в качестве топлива для электростанций состоит в значительном количестве выбросов от его сжигания как газообразных (углекислый газ, водяные пары, оксиды серы), так и твердых (зола и шлаки).

Вместе с тем, уголь как энергетический ресурс обладает и рядом преимуществ. Его месторождения более равномерно распределены географически, цены на этот вид топлива относительно стабильны. Транспортировка угля не требует особых условий и специального оборудования и может осуществляться различными видами транспорта. Кроме того, по стоимости тонны условного топлива уголь зачастую выгодно отличается от таких широко распространенных видов энергоресурсов как газ и мазут.



Терриконы в Тульской области

Источник: ustik.livejournal.com

Несмотря на наметившийся в последнее время разворот развитых государств в сторону возобновляемой энергетики, многие страны не отказываются полностью от угольных электростанций. Продолжающееся строительство объектов генерации на основе угля одной из основных целей имеет снижение рисков в энергообеспечении, связанное с высокой доступностью этого вида топлива. При этом существуют прогрессивные технологии сжигания и очистки продуктов сгорания угля, которые позволяют уменьшить количество газообразных и твердых выбросов.



Рис. 1. Строительные материалы, изготовленные с применением ЗШО

Источник: www.nstu.ru

В настоящий момент широкое внедрение данных технологий ограничено высокой наукоемкостью и стоимостью их применения. Современные технологии угольной генерации предусматривают образование твердых отходов, отвалы которых, накапливаясь, негативно воздействуют на окружающую среду.

При сжигании угля образуются продукты высокотемпературной (1300–1600 °С) обработки минеральной части топлива – зола, кусковой шлак и золошлаковые смеси. Выход продуктов сжигания зависит от разновидности угольного топлива (бурый уголь, антрацит, каменный уголь и др.) и может изменяться в интервале от 5 до 75 % [5].

Годовой объем ежегодной выработки золошлаковых отходов (далее – ЗШО) в России оценивается в 22 млн тонн в год. На сегодняшний день в стране накоплено по разным оценкам от 1,4 до 1,8 млрд

тонн угольных отходов. На 30 % угольных электростанций емкости существующих золошлаковых хранилищ практически исчерпаны. Под ЗШО отчуждено более 20 тыс. кв. км земельных участков [3, 4, 6]. В настоящее время в России утилизируется (перерабатывается для дальнейшего использования в хозяйственной деятельности) не более 10–12 % таких отходов [3, 4], в то время как в ряде стран утилизируется 70–95 % от выхода ЗШО, а в Нидерландах и Дании – до 100 % [3, 8].

Таким образом, в России для последующего применения в качестве вторичного сырья отгружается не более 4 млн тонн золошлаков в год: из них сухая зола уноса составляет не более 0,8 млн тонн [3], оставшаяся часть – гидратированные золошлаковые смеси – используется для рекультивации земель, ландшафтных работ и производства цемента.

Основной причиной низкой доли использования ЗШО является несовершенство нормативно-правовой базы в части их использования в различных направлениях хозяйственной деятельности.

Повышение доли использования промышленных отходов в качестве вторичного сырья является важнейшей задачей государственного значения. Наиболее перспективным направлением применения ЗШО с точки зрения массового вовлечения в оборот является использование их в строительных работах или при производстве строительных материалов, так как оба эти направления являются материалоём-

кими (рис. 1, рис. 2). Золошлаки могут быть использованы как исходный материал при производстве цемента, теплоизоляционных материалов, в качестве заполнителя с заменой песка и гравия в строительстве, в том числе в дорожном и железнодорожном строительстве, где доля гравия и песка очень высока.

Итак, в качестве основных направлений использования ЗШО в части производства строительных материалов и выполнения работ с точки зрения наилучших доступных решений и технологий можно выделить [9]:

- ландшафтное строительство, общестроительные работы, устройство насыпей, обратная засыпка траншей и т. п.
- производство цемента;
- производство кирпича;
- улучшение качества почв;
- изолирующий материал на полигонах твердых бытовых и других отходов;
- применение в дорожном строительстве для устройства дорожных оснований и одежд.

С точки зрения использования в качестве вторичного сырья при производстве строительных материалов, ЗШО могут использоваться [5, 9, 11]:

- 1) зола уноса:
 - при изготовлении керамических материалов (плитка, кирпич, дренажные трубы);

Рис. 2. Жилой 20-этажный дом из шлакощелочного бетона в г. Липецке, построенный в конце 1980-х годов
Источник: kislorod.life



Себестоимость производства основных строительных материалов – цемент, бетон, сухие строительные смеси, тротуарная плитка и др. – при использовании золошлаков снижается на 12–25 %

- в качестве исходного компонента при производстве цемента;
- в качестве заполнителя бетона;
- в качестве добавки в клинкер;
- при производстве ячеистого бетона;
- при производстве пористых заполнителей (безобжиговый гравий, азербит, зольный гравий и др.);
- при производстве силикатного кирпича;
- как наполнитель полимерных материалов.

2) шлаки:

- при производстве ячеистого бетона;
- при производстве пористых заполнителей (азерит и др.);
- при производстве минеральной ваты;
- при производстве шлаковой пемзы;
- в каменном литье;
- при производстве ситаллов.

Производство данных строительных материалов предусматривает возможность использования ЗШО в исходной шихте от 25 до 100 %. При этом себестоимость производства основных строительных материалов – цемент, бетон, сухие строительные смеси, стеновые изделия, тротуарная плитка и др. – при использовании золошлаков снижается на 12–25 %. Кроме того, отдельные компоненты, содержащиеся в этих отходах, такие как алюмосиликатные микросферы, применяются для производства красок, высококачественных теплоизоляционных материалов и др. [2]

В настоящее время разработаны и во многих странах применяются на практике различные методы и технологии утилизации ЗШО, которые позволяют предлагать альтернативу природному сырью в производстве строительных материалов. В России технологии утилизации и требо-

вания к золошлаковым отходам описаны в различных нормативно-технических документах (ГОСТ, ТУ, строительные правила и др.). ГОСТ Р 56618–2015 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Технические требования к характеристикам угольной золы и золы-уноса, предназначенным для вторичного использования» предусматривает возможные варианты конечного использования летучей золы [7].

Кроме того, существуют следующие ГОСТы, наиболее четко определяющие



Строительство жилого комплекса

Источник: mrrestavrador.ru

область применения ЗШО ТЭС в части использования их в качестве вторичного сырья при производстве строительных материалов:

- 1) ГОСТ 33928–2016 «Заполнители искусственные пористые на основе зол и шлаков ТЭС. Технические условия»;
- 2) ГОСТ Р 57789–2017 «Золы, шлаки и золошлаковые смеси ТЭС для производства искусственных пористых заполнителей. Технические условия»;
- 3) ГОСТ 26644–85 «Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций для бетона. Технические условия»;
- 4) ГОСТ 25818–2017 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия»;

- 5) ГОСТ 25592–91 «Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия».

Также имеется большое количество нормативно-технической документации, регламентирующей применение ЗШО, предусматривающее замену ими природных материалов при производстве строительных работ. Однако наличие этих и других нормативно-технических документов не является полноценным условием, обеспечивающим высокий уровень использования золошлаковых отходов в производстве строительных материалов. Практическая возможность и целесообразность мероприятий, направленных на утилизацию ЗШО определенных ТЭС для конкретных целей определяется следующими факторами [9]:

- состав и свойства ЗШО и их соответствие требованиям потенциальных потребителей;
- степень доступности и стоимость природных материалов, которые могут быть заменены ЗШО;
- наличие постоянных потенциальных потребителей ЗШО;
- экономическая заинтересованность ТЭС в применении технологий обработки ЗШО – грануляция, сепарация, фракционирование и т. д. – для придания им необходимых потребительских свойств.

В настоящее время в России переработка и использование ЗШО никому не выгодны. Работа по утилизации ЗШО – непрофильная деятельность энергетиков. Существующие региональные рынки строительных материалов имеют отработанную технологическую схему для поставки таких природных ресурсов как песок и щебень. Вход на такие рынки является затруднительным несмотря на то, что ЗШО – это сырьё, которое может успешно конкурировать на рынке материалов для строительной индустрии, а также в качестве сырья для стройматериалов, эффективно заменяя природные ресурсы.

Вместе с тем утилизация ЗШО может быть выгодна:

- 1) собственникам угольной генерации. Внедрение технологий, ориентированных на производство ЗШО в виде товарной продукции и сбыт потребителям, может обеспечить рост рентабельности ТЭС на 10–20 %, что позволит снизить рост тарифов на электроэнергию и тепло;

- 2) предприятиям промышленности строительных материалов за счёт снижения себестоимости производства продукции;
- 3) государству, поскольку это позволило бы более эффективно использовать средства федерального и регионального бюджетов;
- 4) обществу за счёт снижения негативного влияния на окружающую природную среду.

Ранее исследователями уже упоминалась необходимость институциональных преобразований для увеличения уровня вовлечения ЗШО в производственную деятельность различных отраслей промышленности. Среди основных направлений деятельности для институционализации в сфере обращения ЗШО с целью решения вышеназванных задач были отмечены также следующие [10]:

- создание гарантированного рынка сбыта ЗШО посредством изменения федерального и регионального законодательства с учётом ФЗ № 2395–1 от 21.02.1992 г. «О недрах» (ст. 18);
- сотрудничество с региональными властями в области поиска потребителей и переработчиков ЗШО;
- создание действующей базы данных, содержащей информацию

о производителях, потребителях и переработчиках ЗШО, технологиях переработки и направлениях использования ЗШО;

- развитие стандартизации в области обращения с ЗШО;
- создание условий для широкого внедрения крупнотоннажных технологий использования ЗШО.

Региональные рынки стройматериалов имеют отработанную схему поставки песка и щебня. Вход на такие рынки для золошлаковых отходов затруднителен, несмотря на конкурентные преимущества

Необходимо отметить, что организация сбыта золошлаковых отходов может быть целесообразна только при наличии гарантированного спроса. В России отсутствует устоявшийся рынок ЗШО, гарантирующий их сбыт для ТЭС, что делает экономически невыгодным внедрение оборудования,

Строительный песок и щебень

Источник: iv-spectehnika.ru





Отвалы золы от работы ТЭЦ

Источник: ect-center.com

предназначенного для сбора, отгрузки или предпродажной подготовки этого сырья. Отсутствие рынка золошлаков во многом связано с отсутствием мер государственного регулирования и стимулирования потенциальных потребителей ЗШО к их утилизации.

Выводы: масштабное вовлечение ЗШО в качестве вторичного сырья в строительных работы и в производство строительных материалов требует разработки и реализации целого комплекса мероприятий, направленных на решение задач по созданию благоприятных для формирования рынка условий. Для этого необходимо создание комфортного информационного пространства для бизнес-сообщества, компаний-собственников угольных ТЭЦ и прочих заинтересованных организаций. Этому во многом будет способствовать формирование государственной системы обращения с отходами, используемыми в строительстве и при производстве строительных материалов (далее – система, ГСОПСМ).

Данная система будет оказывать содействие в решении следующих задач, установленных документами стратегического планирования РФ:

- развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления [4];
- развития промышленности строительных материалов [12];
- инновационного развития всей строительной отрасли [13].

Система должна включать информационный ресурс, содержащий актуальную информацию в части:

- 1) количества отходов и их характеристик;
- 2) возможных направлений использования отходов в строительных работах и при производстве строительных материалов с учетом имеющегося отечественного и зарубежного опыта;
- 3) перечня отечественных и зарубежных технологий, применяемых для:
 - подготовки отходов перед их использованием в качестве вторичного сырья;
 - проведения строительных работ и производства строительных материалов с применением ЗШО;
- 4) перечня нормативно-технической и нормативно-правовой документации, регулирующей использование ЗШО в качестве вторичного сырья;
- 5) перечня организаций, в результате деятельности которых образуются золошлаковые отходы, и организаций, основным видом деятельности которых является проведение строительных работ и производство строительных материалов.

Создание такого информационного ресурса направлено на:

- 1) повышение уровня информированности заинтересованных лиц о возможностях применения ЗШО

в строительстве и производстве строительных материалов;

- 2) повышение эффективности управленческих решений в части обращения с ЗШО на различных уровнях;
- 3) организованное объединение и кооперацию предприятий и других участников рынка строительных материалов и услуг.

Данный информационный ресурс будет способствовать увеличению объемов ЗШО, используемых в строительных работах и производстве строительных материалов.

Кроме того, необходимо создавать пилотные проекты для апробации применения ЗШО в строительстве, чему могут способствовать государственные проекты.

Так, в настоящее время на рынке жилищного строительства активно работает «ДОМ.РФ» – финансовый институт развития в жилищной сфере, созданный в 1997 году постановлением Правительства РФ для содействия проведению жи-

лищной политики. В декабре 2020 года Госкомпания «ДОМ.РФ» создала собственную девелоперскую компанию, которая займется возведением микрорайонов площадью 200–300 тыс. квадратных метров. Данная компания могла бы реализовывать проекты с применением ЗШО с широким эффектом.

Также можно привести пример в жилищном строительстве, где активную работу ведет Федеральное дорожное агентство «Росавтодор». Оно осуществляет функции по оказанию государственных услуг, по управлению государственным имуществом в сфере автомобильного транспорта и дорожного хозяйства, включая управление федеральными автомобильными дорогами. Существует и масса других примеров с большим объемом госинвестиций и полномочий. Поэтому можно считать, что все базовые условия для развития рынка ЗШО, где можно применить волевые решения, имеются.

Использованные источники

1. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ // Доступ из справочной правовой системы «Консультант Плюс» (дата обращения 14.07.2020).
2. Аникеев В. В. Повышение эффективности использования отходов ТЭЦ // Региональная энергетика и энергосбережение. 2017. № 4. С. 78–79.
3. Калачев А. И. Особенности климатической повестки для России. Угольная генерация в период низкоуглеродного развития энергетики в мире. – URL: http://www.ng.ru/energy/2019-10-07/15_7695_climate.html (дата обращения 15.07.2020).
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» от 25.01.2018 г. № 84-р // Доступ из справочной правовой системы «Консультант Плюс» (дата обращения 15.07.2020).
5. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Строительные материалы из отходов промышленности. М.: Феникс, 2007. 368 с.
6. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.
7. ГОСТ Р 56618–2015. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Технические требования к характеристикам угольной золы и золы-уноса, предназначенным для вторичного использования. Введ. 2016–07–01. М., 2016. 11 с.
8. Инжиниринговый химико-технологический центр [официальный сайт]. – URL: <http://ect-center.com/blog/zoloshlakovie-othody> (дата обращения 15.07.2020).
9. ИТС 38–2017. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии». Бюро наилучших доступных технологий. 2017.
10. Кожуховский И. С. Целыковский Ю. К. Институционализация в сфере обращения ЗШО – актуальная проблема угольной тепловой энергетики России. Национальная ассоциация производителей и потребителей золошлаковых материалов. – URL: <http://золошлаки.pf/news/institucionalizaciya-v-sfere-obrashheniya-zsho-aktualnaya-problema-ugolnoj-teplovoj-energetiki-rossii/> (дата обращения 16.07.2020).
11. Шпирт М. Я. Использование твердых отходов добычи и переработки углей / М. Я. Шпирт, В. Б. Артемьев, С. А. Силютин. М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2013. 432 с.
12. Распоряжение Правительства Российской Федерации «О Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года» от 10.05.2016 г. № 868-р // Доступ из справочной правовой системы «Консультант Плюс» (дата обращения 16.07.2020).
13. Минстрой России. Проект «Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года» [официальный сайт]. – URL: http://www.minstroyrf.ru/upload/iblock/906/2_finalnaya-versiya-proekta-strategii_irso_28_06_206-s-dopolneniem.docx (дата обращения 16.07.2020).

Энергополитика монархий Персидского залива в преддверии энергоперехода

Energy policy of the monarchies of the Persian Gulf on the threshold of the energy transition

Алексей МАСТЕПАНОВ

Заведующий Аналитическим центром энергетической политики и безопасности ИПНГ РАН, член Совета директоров Института энергетической стратегии, д. э. н., профессор РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, академик РАЕН
e-mail: amastepanov@mail.ru

Андрей СУМИН

Ведущий научный сотрудник Аналитического центра энергетической политики и безопасности ИПНГ РАН, к. ю. н.
e-mail: andrey-sumin@rambler.ru

Alexey MASTEPANOV

Analytical Center for Energy Policy and Security, (Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences),
e-mail: amastepanov@mail.ru

Andrey SUMIN

Leading researcher of Analytical Center for Energy Policy and Security, Cand.Sc.
e-mail: andrey-sumin@rambler.ru

Персидский залив

Источник: eotap.com



Аннотация. В статье проанализирована энергетическая политика арабских монархий Персидского залива в аспекте развития возобновляемой энергетики. Дана характеристика состоянию энергетического сектора региона и подчеркнута специфика ТЭК каждого из расположенных там арабских государств. Проанализированы вызовы, с которыми сталкивается энергетический сектор в канун энергетического перехода. Раскрыты особенности подхода каждой из арабских монархий к возобновляемой энергетике. Охарактеризована роль ВИЭ в укреплении энергетической безопасности в регионе. Сделан акцент на усилиях некоторых стран по развитию водородной энергетики. Описаны основы стратегии каждого государства по развитию возобновляемой энергетики и отводимая ей роль в экономических преобразованиях на ближайшую перспективу. Перечислены факторы, как благоприятствующие, так и препятствующие развитию возобновляемой энергетики в указанных государствах. Дана характеристика усилиям стран-производителей углеводородов с целью оказать влияние на формирование глобальной дискуссии по изменению климата. Сделан прогноз относительно перспектив развития возобновляемой энергетики в регионе и роли «чистой» энергии как фактора трансформации ТЭК арабских монархий.

Ключевые слова: Персидский залив, нефтяные монархии, «чистая» энергия, возобновляемая энергетика, ВИЭ, энергетическая безопасность, энергетический переход, солнечная энергетика, ветроэнергетика, водород, ископаемые углеводороды.

Abstract. The article analyzes the energy policy of the Arab monarchies of the Persian Gulf region in the aspect of renewable energy development. The article describes the state of the energy sector in the region and highlights the specifics of the fuel and energy sector of each of the Arab states located there. The challenges faced by the energy sector in the region on the threshold of the energy transition are analyzed. The peculiarities of the approach of each of the Arab monarchies to the renewable energy are revealed. The role of RES in strengthening energy security in the region is characterized. Emphasis is placed on the efforts of some countries in the region to develop hydrogen energy. The article describes the fundamentals of each state's strategy for the development of renewable energy and its role in economic transformation in the near future. The factors both favoring and hindering the development of renewable energy in these countries are listed. The article describes the efforts of hydrocarbon-producing countries to influence the formation of a global discussion on climate change. A forecast is made regarding the prospects for the development of renewable energy in the region and the role of «clean» energy as a factor in the transformation of the fuel and energy complex of the Arab monarchies.

Keywords: Persian Gulf, oil monarchies, clean energy, renewable energy, RES, energy security, energy transition, solar energy, wind energy, hydrogen, fossil hydrocarbons.

//

В начале 1990-х гг. власти стран Персидского залива начали понимать необходимость дополнить нефть другими источниками развития

Введение

Обеспечивая порядка 30 % поставок нефти и столько же природного газа на мировые энергетические рынки, арабские монархии Персидского залива (Саудовская Аравия, Катар, Кувейт, ОАЭ, Оман и Бахрейн) являются одним из основных конкурентов России в этой сфере.

В 2000-е годы, следуя общим тенденциям мирового развития, в том числе тренду на энергопереход, эти государства стали диверсифицировать свою экономику, вошли в число крупнейших производителей нефтегазохимической продукции, стали активно развивать возобновляемую энергетику, заговорили о водороде.

Насколько значимы эти преобразования для рассматриваемых стран, как они реализуются, и какие проблемы возникают у них на этом пути? Достижимы ли заявленные цели? Отразится ли достижение этих целей (и как?) на роли стран Персидского залива на мировых энергетических рынках? И как такая политика может «откликнуться» России?

Попробуем найти ответы на некоторые из этих вопросов.

Немного истории

С момента открытия первых нефтяных месторождений и до настоящего времени – в короткий с точки зрения цивилизационного развития период – расположенные в регионе Персидского залива арабские государства с монархической формой правления совершили головокружительный скачок в социально-экономическом развитии. Всего за несколько десятилетий Саудовская Аравия, Оман, Катар, Бахрейн, Кувейт и Объединенные Арабские Эмираты превратились из отсталых племенных территорий со средневековым экономическим укладом, в богатейшие государства, где уровень душевого дохода и потребления подданных – один из высочайших в мире¹.

Всего за несколько десятилетий Саудовская Аравия, Оман, Катар, Бахрейн, Кувейт и ОАЭ превратились в богатейшие государства с одними из самых высоких уровней душевого дохода и потребления

Своими успехами в развитии эти монархии обязаны в основном двум факторам – крупным месторождениям углеводородов и взрывному спросу на них в мире в послевоенную эпоху. Углеводороды стали также основным фактором, определяющим вну-

¹ В мае 1981 г. эти страны образовали Совет сотрудничества арабских государств Персидского залива (ССАГПЗ). Поскольку арабские страны название «Персидский» не признают, в англоязычной литературе эта организация называется Совет сотрудничества стран Залива (Cooperation Council for the Arab States of the Gulf – GCC).



Рис. 1. Нефтяные монархии Персидского залива – члены Совета сотрудничества арабских государств Персидского залива (ССАГПЗ)

Источник [1]

треннюю энергетическую политику стран региона. Стабильный приток больших объемов экспортной выручки на протяжении десятилетий гарантировал им бюджетный профицит. В свою очередь, это позволяло правящим династиям наращивать внутреннее потребление, причем не в последнюю очередь – за счет обеспечения населения дешевыми, субсидируемыми энергией и топливом².

После окончания Второй Мировой войны и вплоть до начала предыдущего десятилетия арабские монархии Персидского залива занимали неизменную и четко определенную роль в мировой экономике. С одной стороны они являлись важным поставщиком нефти для многих стран мира (в том числе – для большинства государств Запада), с другой – крупным импортером практически всей номенклатуры западной промышленной и сельскохозяйственной продукции. Особенно сильной была взаимозависимость арабских государств Персидского залива с США и Великобританией. Для этих государств арабские монархии представляли особую ценность еще и потому, что десятилетиями являлись стабильным и емким рынком сбыта продукции их оборонно-промышленного сектора, традиционно обладающего сильным лоббистским влиянием в высших эшелонах власти обеих англосаксонских держав. В свою очередь, огромные долларовые поступления от экспорта нефти стран Персидского зали-

² Подробнее об этом см. [2].

ва, хранящиеся в основном в банках США и Великобритании, а также вложенные в их государственные долговые обязательства, являлись для последних достаточно значимым дополнительным финансовым ресурсом. Такой симбиоз гарантировал арабским монархиям стабильную поддержку на самом высоком международном уровне.

Реакция на основные вызовы, появившиеся на рубеже веков

Здесь следует особо подчеркнуть, что нефть для рассматриваемых государств все эти годы была больше, чем просто вид энергии, чем даже энергетика в целом. Нефть для них являлась (и является до сих пор) основой самого существования, источником топлива и энергии, бюджетных доходов и валютных поступлений, занятости населения и богатства элиты. Однако резкое падение мировых цен на нефть 1986–1988 гг. и в 1999 г. показало определенную зыбкость этого нефтяного фундамента. Уже в конце 1980-х – начале 1990-х гг. политики и официальные лица рассматриваемых стран залива начали понимать необходимость дополнить нефть другими источниками развития.

С началом мирового финансового кризиса 2008 г. начала испытывать первые

Процесс отказа от нефтяной зависимости идёт уже не один десяток лет, ослабевая в периоды увеличения глобального спроса и роста цен на нефть, и вновь активизируясь в годы их спада

потрясения и устоявшаяся за десятилетия взаимозависимость арабских государств Персидского залива с США и Великобританией, а обвал цен на нефть в 2014 г. повлек резкое сокращение бюджетных доходов во всех без исключения государствах региона [3]. Как следствие упала и их кредитоспособность – немыслимая за весь послевоенный период ситуация. В последующие годы, и об этом ещё будет сказано ниже, взаимозависимость арабских монархий Персидского залива и западных стран стала подвергаться и другим новым испытаниям.

Осознавая, что надвигается кризис, в арабских монархиях залива, начиная с середины 1990-х гг. и особенно в 2000-е

Нефть для стран Персидского залива – это основа благосостояния наций

Источник: direktno.hr



гг., предпринимаются многочисленные попытки диверсифицировать экономику и расширить производственную базу. Политическую обкатку прошли реформы, призванные расширить промышленно-экономическую базу ради снижения зависимости от нефтегазовых доходов [4]. Более того, с конца XX века монархии залива стали ускоренными темпами принимать в этой области и практические меры: начали структурную трансформацию своих экономик, развернули инфраструктурное строительство, включая развитие электроэнергетики.

и болезненной, реформы рынка труда и системы образования³ [1]. Но и на этот раз процесс таких преобразований идёт не всегда последовательно.

Результат неосуществлённых реформ в полной мере проявился в 2019–2020 гг. Ценовые и торговые войны и резко возросшая волатильность на мировых сырьевых рынках, дополненные коронавирусной пандемией, сопровождаемой экономическим спадом и дальнейшим обвалом цен на энергоносители, обрушили финансовую стабильность арабских монархий залива. Так, по последним оценкам МВФ, ВВП этих



Добыча нефти в Кувейте

Источник: Fluor Corporation

Процесс поиска выхода из сложившейся ситуации, отвяски от нефтяной зависимости, идёт уже не один десяток лет, ослабевая в периоды увеличения глобального спроса на нефть и другие углеводороды, и, соответственно, роста цен на них, и вновь активизируясь в годы их спада. Мировой экономический кризис 2008–2009 гг. вызвал очередную вспышку интереса к такой активизации, в очередной раз поставил арабские монархии Персидского залива перед необходимостью глубокого реформирования всей их экономики и финансовых систем, перед необходимостью фундаментальной, пусть даже

стран в 2020 г. сократится от 4,5–4,9 % в Катаре и Бахрейне, до 8,1–10 % в Кувейте и Омане (в Саудовской Аравии – на 5,4 %) [5]. По оценкам S&P Global Ratings, суммарный дефицит бюджетов стран GCC, при цене нефти порядка 40 долларов за баррель в 2020–2023 г., может достигнуть 490 млрд долларов. Антирекордным ожидается и сам 2020 г., в котором рост дефицита бюджетов этих стран может составить около 100 млрд долларов [6]. Как заявил в мае 2020 г. министр финан-

³ Как справедливо отмечают специалисты McKinsey, реформа образования – тема вообще деликатная, а в странах Персидского залива дело усугубляется религиозным и культурным факторами [1].

сов Саудовской Аравии Мухаммед аль-Джадаан, «Мы сталкиваемся с кризисом, которого мир никогда не видел в современной истории» [7].

Энергетическая политика монархий Персидского залива

Естественно, всё вышесказанное самым непосредственным образом отражается и на формировании энергетической политики стран региона. Следует, однако, отметить, что поскольку нефть (в Катаре – природный газ) в этих странах определяет буквально всё, то даже собственно энергетической политики как таковой в них до последнего времени не было: была нефть, и государственная политика, определяющая, сколько её добывать, и как тратить вырученные от её продажи деньги. Так, в Саудовской Аравии государственная политика была направлена на дальнейшую добычу нефти и воспроизводство её запасов, а также на внедрение систем сбора попутного газа для его использования в электрогенерации. И такая политика была стабильной в течение десятилетий [8].

Лишь с развёртыванием реформ, направленных на структурные изменения в экономике, наряду с нефтяной политикой стали формироваться элементы государственной политики в области развития электроэнергетики, энергетической инфраструктуры, эффективности использования энергоресурсов⁴. Так, в той же Саудовской Аравии в 2008 г. приступили к реализации Национальной программы энергоэффективности. В 2010 г. здесь были созданы Государственный центр энергоэффективности (Saudi Energy Efficiency Centre) и Центр по освоению атомной и возобновляемой энергии имени короля Абдаллы (King Abdullah City for Atomic and Renewable Energy – KACARE), который проводит исследования, устанавливает и реализует национальную политику в области атомной и возобновляемой энергетики [9].

Аналогичные по смыслу шаги и меры сделаны и приняты и в других арабских монархиях Персидского залива.

⁴ Как отметил Кристиан Коатс-Ульрихсен – научный сотрудник Института публичной политики Джеймса Бейкера при Университете Райса, «бич стран региона – неприемлемо высокий уровень потребления энергии» [4].

Новые вызовы – в поисках ответных реакций

Выше уже отмечалось, что взаимозависимость арабских монархий Персидского залива и западных стран в 2000-е гг. подверглась и другим новым испытаниям. Причиной тому стало развитие энергетических технологий. Внедрение технологий и методов сжижения и доставки природного газа ускорило формирование глобального газового рынка, что удешевило газ как источник энергии и сделало его более привлекательным для потребителя. Новые методы извлечения углеводородов из сланцевых пород позволили США – од-



СПГ-завод компании Qatargas в Катаре
Источник: straitstimes.com

ному из важнейших в послевоенные десятилетия рынков сбыта ближневосточной нефти – резко нарастить собственную добычу. Быстрое освоение новых технологий и взрывной рост нефтедобычи в Северной Америке привели к насыщению мирового рынка нефти и дальнейшему сокращению доходов ближневосточных стран от экспорта углеводородов. Наконец, с помощью прорывных технологий в области освоения ВИЭ западные страны – традиционные импортеры углеводородов сделали первый шаг к экономически целесообразному производству и потреблению существенных объемов «чистой» энергии, которая, в свою очередь, отвоевывает долю рынка у ископаемых энергоносителей.

Курс на использование ВИЭ как нового фактора экономического роста является для стран Персидского залива не столько результатом следования мировым трендам, сколько назревшей потребностью

Все эти события совпали по времени с новым раундом глобальных дебатов по проблемам экологии. К ставшей уже традиционной теме загрязнения природной среды продуктами сжигания ископаемых энергоносителей и пластиковым мусором добавилась и новая – ответственность производителей и потребителей угля и нефти за ускорение потепления климата на планете. В фокус критического внимания мировой общественности в этой связи впервые попали также производители углеводородного сырья из региона Персидского залива. Достоянием гласности становилась информация, доселе интересовавшая пре-

имущественно специалистов. К примеру, в 2019 г. сообщалось, что ОАЭ принадлежат к числу государств, в которых объем выбросов парниковых газов на душу населения – один из самых высоких в мире [3]. В конце того же 2019 г. британская газета *Guardian* сообщала, что именно саудовский государственный энергетический концерн *Agamco* еще с 1965 г. считается мировой компанией-чемпионом по выбросам углекислоты в атмосферу [10].

Перечисленные изменения мирового масштаба стали настоящим вызовом для консервативных арабских монархий Персидского залива. По сути, под вопрос поставлена сама парадигма существования большинства из них в прежнем виде. Как уже было отмечено выше, добыча и экспорт углеводородов являются ни много ни мало основой государственности этих относительно молодых стран. Все эти причины побудили правящие династии региона по-новому оценить перспективы сохранения своих моделей хозяйствования. Появилось понимание того, что в новых условиях уже недостаточно получать доходы от нефтегазовой отрасли. Она должна способствовать диверсификации экономики путём создания новых секторов и рабочих мест. Традиционными рецептами в подобных случаях являются – наряду с более ра-

Отгрузка нефти в Кувейте

Источник: *wiwo.de*



Ормузский пролив

Источник: *theepochtimes.com*

циональным использованием имеющихся возможностей – поиск новых драйверов развития и задействование не использовавшихся прежде внутренних резервов с целью диверсификации экономики. Применительно к региону Персидского залива одним из таких факторов является развитие возобновляемой энергетики.

Стоит отметить, что курс на использование ВИЭ как нового фактора обеспечения экономического роста является для стран региона не столько результатом следования мировым тенденциям, сколько назревшей объективной потребностью и попыткой хотя бы отчасти разрешить накопившиеся финансово-экономические проблемы [3].

Характерно, что еще в 2010 г. большинство стран региона и не помышляло о масштабном использовании ВИЭ [10]. Тем не менее, уже только за 2014–2018 гг. в Саудовской Аравии, ОАЭ, Бахрейне, Катаре, Омане и Кувейте суммарная мощность работающих на ВИЭ электростанций увеличилась более чем в три раза [3]. Переворот в мышлении представителей правящих династий стал, в том числе, следствием осознания преимуществ, которые способны дать ВИЭ в качестве дополнения к традиционно используемым для электрогенерации углеводородам.

Возобновляемая энергетика Саудовской Аравии

Наглядным примером здесь служит Саудовская Аравия – крупнейшая экономика в регионе Персидского залива. В последние годы энергопотребление здесь возрастает примерно на 8 % ежегодно [11]. В 2019 г. потребление в королевстве первичной энергии на душу населения вчетверо превышало среднемировой уровень [12]. Увеличение потребления энергии объясняется стабильно быстрым приростом населения, характерным для всех монархий региона. Рост населения автоматически влечет за собой расширение строитель-

Еще в 2010 г. страны Персидского залива не помышляли о ВИЭ. Но к 2018 г. в Саудовской Аравии, ОАЭ, Бахрейне, Катаре, Омане и Кувейте мощность электростанций на ВИЭ увеличилась в три раза

ства, увеличение спроса на электроэнергию для охлаждения и для прочих нужд в промышленном и коммунальном секторе. Отдельно необходимо упомянуть все возрастающее потребление воды, которую в силу природно-климатических особенностей региона приходится в основном получать путем опреснения морской воды, что само по себе требует сжигания больших объемов добываемых здесь нефти и природного газа. Использование ВИЭ для генерации электроэнергии потенциально способно высвободить указанные объемы углеводородов для экспорта и пополнения резервов с целью воздействия на баланс спроса и предложения на мировых энер-



Солнечная электростанция в г. Саккака, Саудовская Аравия
Источник: *энергосми.ру*

гетических рынках. Кроме того, местные природно-климатические особенности весьма благоприятствуют развитию основных, используемых в настоящее время, видов возобновляемой энергетики – солнечной и ветровой. Уровень солнечного излучения в регионе составляет 2,2 тыс. тепловых кВт·ч на 1 м² земной поверхности – один из самых высоких в мире [12]. Наличие обширных незаселенных пустынных пространств идеально подходит для размещения крупных объектов солнечной генерации. Колоссальные ресурсы песка на Аравийском полуострове являются дешевым и доступным материалом для организации прямо на месте производства кремниевых панелей для солнечных электростанций.

Наконец, государства региона располагают необходимыми средствами для финансирования развития возобновляемой энергетики. Перечисленные условия позволяют производить в регионе «зеленую» электроэнергию с низкой себестоимостью. К примеру, отпускная цена производимого на саудовской солнечной электростанции (СЭС) в г. Саккака электричества составляла в конце 2019 г. всего-навсего 2,36 центов США за кВт·ч [13]. Аналогично и в соседних странах: так, в ходе состоявшихся в начале 2020 г. в Дубае аукционных торгов электроэнергией, производимой на местной СЭС имени Мохаммеда бин-Рашида-аль-Мактума, также была зафиксирована одна из самых низких в мире отпускных цен – 5,85 центов США за кВт·ч [14].

Стратегию Саудовской Аравии по развитию возобновляемой энергетики можно охарактеризовать как самую амбициозную, но и одновременно как самую непоследовательную в регионе. Первой саудовской инициативой в области возобновляемой энергетики стало учреждение в 2010 г. государственного органа в ранге агентства – Центра по освоению атомной и возобновляемой энергии имени короля Абдаллы, о котором уже было сказано выше. Под его эгидой был реализован первый в королевстве проект в сфере ВИЭ – СЭС мощностью в 3,5 МВт. В 2012 г. саудовские власти заявили о намерении инвестировать свыше 100 млрд долларов в производство «чистой» электроэнергии на период до 2030 г. Проект предусматривал сооружение генерирующей инфраструктуры (в основном объектов солнечной энергетики) совокупной мощностью в 41 ГВт, что на тот момент составляло треть потребностей королевства в электроэнергии [12]. К 2040 г. суммарную мощность объектов возобновляемой энергетики планировалось довести до 54 ГВт [3]. Но уже в 2015 г. плановые показатели были резко пересмотрены в сторону снижения. Видоизмененный проект предусматривал строительство в период до 2023 г. генерирующих объектов суммарной мощностью всего лишь в 9,5 ГВт (14 % общего объема потребления электроэнергии). Тем не менее, реализация данной задачи также пробуксовывала – главным образом в силу слабой координации усилий между отвечающими за проект государственными и полугосударственными структурами [12].



Проект экологически чистого города The Line в Саудовской Аравии
Источник: *nv.ua*

С учетом этого негативного опыта в Саудовской Аравии была принята новая государственная программа освоения ВИЭ – Национальная программа по развитию возобновляемой энергетики (англ. – National Renewable Energy Program, сокр. NREP) [15]. Программа стала частью обнародованного в 2016 г. широкомасштабного стратегического плана экономических реформ наследного принца Мухаммеда бен Сальмана Vision-2030, разработанного в целях диверсификации нефтяной экономики, снижения зависимости страны от экспорта нефти и перевода её на инновационный путь развития, а также повышения уровня жизни граждан, в том числе благодаря сокращению безработицы [16]⁵. Для реализации программы стимулирования производства и использования чистой энергии были учреждены специальные ведомства, задачей которых стали определение приоритетных направлений по размещению инвестиций и разработка нормативно-правовой базы [14]. Координация взаимодействия между ведомствами и общее руководство ими было возложено на специально созданное в мае 2016 г. и наделенное обширными полномочиями

⁵ Детальный анализ побудительных мотивов и мер по диверсификации экономики этой крупнейшей страны региона в совокупности с её консервативной политикой хеджирования рисков и стремлением соответствовать представлениям об экономике если и не углеродно-нейтральной, то, по крайней мере, соответствующей требованиям эпохи энергетического перехода, безусловно, представляет огромный интерес. Однако, это уже задача отдельного исследования.

Министерство энергетики, промышленности и минеральных ресурсов. Финансирование программы планировалось вести, в том числе, из средств саудовского суверенного фонда, объем которого составлял в то время около 2 трлн долларов. Особенностью программы являлся официально закрепленный приоритет освоения ВИЭ, а ее реализация должна была проводиться на основе государственно-частного партнерства. По мнению саудовского эксперта в сфере энергетики Имана Абдуллы Амана, возобновляемая энергетика была призвана стать ключом к диверсификации экспортных доходов и энергетического баланса, укрепить энергетическую безопасность страны и в конечном итоге обеспечить переход экономики страны к низкоуглеродному будущему [12]. Во исполнение данной программы министр энергетики Саудовской Аравии Халид Аль-Фалих в начале 2017 г. объявил о намерении на период до 2023 г. вложить от 50 млрд долларов в производство электроэнергии из ВИЭ. Предусматривалось возведение генерирующих мощностей совокупной производительностью около 10 ГВт, что соответствует производственному потенциалу семи-восьюми современных атомных

Саудовская Аравия планировала инвестировать в создание солнечной генерации около 200 млрд долларов; под размещение инфраструктуры должны были быть выделены сотни км² в пустынных районах

реакторов. Часть производимой электроэнергии планировалось экспортировать в соседние государства – Йемен, Египет и Иорданию – посредством высоковольтных линий, которые также планировалось построить [11]. Согласно плану Vision-2030, Саудовская Аравия должна в перспективе стать крупнейшим на Ближнем Востоке экспортером электроэнергии [12].

Вместе с тем именно Саудовская Аравия демонстрирует примеры, когда анонсируемые масштабные проекты в сфере ВИЭ



Добыча нефти в Саудовской Аравии

Источник: cityam.com

зачастую остаются нереализованными. Показательна в данной связи судьба одного из проектов в рамках плана Vision-2030. В марте 2018 г. принц Сальман подписал с главой японского технологического холдинга Softbank Group Масаяэси Соном предварительное соглашение (The preliminary agreement) – «огромный шаг в истории человечества» по выражению принца, предусматривающее сооружение в Саудовской Аравии СЭС совокупной мощностью около 200 ГВт [17]. В создание солнечной генерации планировалось инвестировать в общей сложности около 200 млрд долларов; под размещение инфраструктуры должны были быть выделены сотни квадратных километров в пустынных районах [10,17]. На сегодняшний день это крупнейший в мире проект такого рода: для его реализации власти королевства и Softbank Group объявили о намерении учредить совместный инвестиционный фонд объемом 100 млрд долларов. Предусматривалось, что первые СЭС в рамках этого проекта, общей мощностью 7,2 ГВт на импортном оборудовании, заработают уже в 2019 г. [17]. Саудовские власти планировали в дальнейшем наладить собственное производство солнечных панелей с целью отказаться от их импорта, а в перспективе – и организовать их экспорт в другие арабские страны, где есть интерес

к развитию солнечной генерации. По расчетам саудовских экспертов, новая отрасль способна создать в стране до 100 тыс. рабочих мест. Широкомасштабная выработка электроэнергии с низкой себестоимостью позволила бы сделать экономически привлекательным и развертывание на территории королевства энергоемких отраслей промышленности – цементной, сталелитейной, нефтехимической [12]. В конечном итоге возобновляемая энергетика призвана дать дополнительный импульс переходу на новый уклад пока еще основанной на нефти национальной экономики.

Тем не менее, уже в октябре того же 2018 г. действие соглашения с Softbank

В январе 2019 г. Саудовская Аравия заявила о начале реализации второй фазы программы по ВИЭ, объявив тендер на проектирование и сооружение еще семи солнечных станций мощностью в 1515 МВт

Среди арабских монархий Персидского залива первенство в альтернативной энергетике принадлежит ОАЭ. Это государство раньше своих соседей приступило к освоению ВИЭ в промышленном масштабе

Group было приостановлено, и его перспективы остаются до сих пор неясными [10]. Аналогичная судьба постигла и многие другие проекты такого рода [3]. Практические результаты реализации грандиозных планов по освоению ВИЭ также нельзя назвать убедительными: так, если в 2014 г. в королевстве функционировали объекты возобновляемой энергетики суммарной мощностью в 24 МВт, то по состоянию на 2018 г. этот показатель возрос до 142 МВт. Несмотря на количественный скачок, достигнутый в 2018 г. результат составил всего 1,5 % от запланированного к началу 2023 г. показателя в 9,5 ГВт. Тем самым удельный

вес ВИЭ в саудовском энергетическом балансе составил в 2018 г. скромные 0,2 % [3]. В конце 2019 г. года была, наконец, введена в эксплуатацию первая в стране крупная СЭС в г. Саккака в провинции в Аль-Джуф мощностью в 300 МВт [13], о которой уже было сказано выше. В январе 2019 г. саудовское государственное ведомство по реализации проектов в области возобновляемой энергетики (англ. – Renewable Energy Project Development Office, сокр. REPDO) заявило о начале реализации второй фазы программы создания возобновляемой энергетики в королевстве, объявив тендер на проектирование и сооружение еще семи СЭС совокупной мощностью в 1515 МВт [13].

Подытоживая анализ саудовских инициатив по развитию возобновляемой энергетики, нужно отметить, что, невзирая на их размах и на готовность властей инвестировать в их реализацию колоссальные средства, они в 2019–2020 гг. ушли из перечня приоритетных задач королевства. Финансирование программы Vision-2030 в 2020 г. сократилось на 8 млрд долларов, что дало основание аналитику по Ближнему Востоку в королевском институте объединенных служб в Лондоне Майклу Стивенсу сделать вывод, что Vision-2030 придется отложить в долгий ящик. «Я думаю, что с Vision-2030

АЭС Барака в ОАЭ

Источник: madenergy.ru



Сдержанный подход к развитию ВИЭ демонстрирует Катар. Падение нефтяных цен в 2014 г. практически не отразилось на эмирате, поскольку основа его экономики – не нефть, а природный газ

пока более или менее закончено», – приводит его слова The New York Times [18].

По мнению Айши Аль-Сарихи, эксперта саудовского центра нефтяных исследований имени короля Абдаллы, самой насущной необходимостью для саудитов является в настоящий момент повышение мировых нефтяных котировок и сохранение высоких экспортных доходов от нефти [3], без чего невозможно сохранение финансовой, экономической и внутривластной стабильности в стране на перспективу. Поэтому маловероятно, что Саудовской Аравии удастся построить к 2023 г. солнечные электростанции даже с заявленной совокупной мощностью в 9,5 ГВт.

Альтернативная энергетика ОАЭ

Среди арабских монархий Персидского залива первенство в развитии альтернативной энергетики принадлежит ОАЭ. Это государство раньше своих соседей приступило к освоению ВИЭ в промышленном масштабе. Еще в 2008 г. в ОАЭ при участии Массачусетского технологического института и ряда западных технологических компаний был основан исследовательский центр Masdar City, задачей которого стало изучение зарубежного опыта и разработка собственных технологий и внедренческих решений с учетом местных условий. Развитие возобновляемой энергетики с самого начала пользовалось поддержкой местных властей, которые рассматривают ВИЭ не только как дополнительный драйвер экономического развития, но и как фактор улучшения имиджа страны в глазах мировой общественности [3]. В 2012 г. вице-президент ОАЭ Мохаммед

бин-Рашид-аль-Мактум обнародовал общенациональную программу под лозунгом «Зеленая» экономика для устойчивого развития» (англ. – Green Economy for Sustainable Development), которая предусматривала, помимо прочего, и масштабное развитие возобновляемой энергетики. Программа стала первой в ряду инициатив такого рода, которые правительство ОАЭ обязалось принять на период до 2021 г. [19]. Важной вехой в развитии возобновляемой энергетики стало принятие ОАЭ в 2017 г. общегосударственной Энергетической стратегии на период до 2050 г. (англ. – UAE Energy Strategy 2050). Энергетическая стратегия предусматривает радикальную диверсификацию энергобаланса, благодаря чему к 2050 г. доля «чистой» электроэнергии в ОАЭ будет составлять уже 50 %. Предполагается, что целых 44 % её будет приходиться на генерацию из ВИЭ и еще 6 % – на атомную энергетику. Планируется также к 2050 г. снизить на 70 % объем выбросов в атмосферу углекислоты, образующейся при производстве электроэнергии [20]. Здесь необходимо подчеркнуть, что ОАЭ – единственная среди нефтяных монархий региона, которая в рамках увеличения производства «чистой» энергии делает ставку и на развитие атомной энергетики. В августе 2020 г. в западной части страны была запущена первая в регионе АЭС Barakah, потенциально способная покрывать до чет-

Солнечная электростанция, ОАЭ

Источник: constructionweekonline.com



верти потребностей ОАЭ в электроэнергии. В сентябре 2020 г. министр энергетики ОАЭ подтвердил приверженность правительства достижению заявленных целей Энергетической стратегии [21].

Достаточно результативно осуществляется в ОАЭ и освоение ВИЭ. Еще в 2013 г. в Дубае была введена в строй первая очередь СЭС мощностью в 13 МВт. В 2014 г. в Абу-Даби была сдана в эксплуатацию СЭС «Шамс» мощностью в 100 МВт [14]. Там же, в Абу-Даби, запланирован к реализации проект строительства СЭС «Аль-Дхафра» мощностью 2 ГВт, которое будет вестись консорциумом компаний Abu Dhabi National Energy Company, Masdar, EDF и JinkoPower. В октябре 2020 г. консорциум в составе компаний Siemens, DEWA и Expro 2020 Dubai начал строительство новой очереди СЭС имени Мохаммеда бин-Рашида-аль-Мактума проектной мощностью в 5 ГВт, которая после планируемого на 2030 г. ввода в эксплуатацию станет крупнейшим объектом такого рода в мире [21].

В целом же последовательная политическая, организационная и финансовая поддержка властей позволила ОАЭ добиться наибольших успехов в развитии возобновляемой энергетики в рассматриваемом регионе. Если в 2014 г. в этом государстве функционировали объекты возобновляемой энергетики суммарной мощностью в 137 МВт, то в конце 2018 г. этот показатель увеличился уже до 589 МВт – то есть налицо рост более чем в 3 раза. Удельный вес ВИЭ в энергетическом балансе составил 2 % – намного больше, чем у всех соседних стран. Тем самым по состоянию на конец того же 2018 г. ОАЭ уже ввели в строй 5 % от заявленной на 2050 г. цели в 11,88 ГВт возобновляемой энергетики – опять же самый высокий показатель в регионе Персидского залива [3]. Таким образом, ОАЭ наиболее успешно из арабских нефтяных монархий реализует свои цели по укреплению энергетической безопасности и диверсификации экономики за счет развития возобновляемой энергетики.

Освоение ВИЭ в Бахрейне и Катаре

Достижения в освоении ВИЭ у других расположенных в регионе арабских монархий куда скромнее. В королевстве Бахрейн создано Ведомство по устойчивой энер-

гетике (англ. – Sustainable Energy Authority, сокр. – SEA), которое в октябре 2016 г. инициировало разработку системной программы освоения ВИЭ – Национального плана развития возобновляемой энергетики (англ. – National Renewable Energy Action Plan, сокр. – NREAP). Документ получил одобрение бахрейнского кабинета министров в январе 2017 г. План NREAP определяет круг возможностей Бахрейна по освоению имеющихся в его распоряжении ВИЭ, за-



Абу-Даби

Источник: zaturon.ru

крепляет цели развития возобновляемой энергетики и средства их достижения. По сути, это – программный документ, официально закрепляющий намерение королевства двигаться в направлении энергетического перехода согласно целям ООН в области устойчивого развития и в рамках Парижского соглашения по климату, к которому страна тоже присоединилась. Согласно NREAP, Бахрейн обязуется довести долю ВИЭ в энергетическом балансе до 5 % к 2025 г. и до 10 % к 2035 г. [22]. В 2018 г. общая мощность объектов возобновляемой энергетики в стране составляла 6 МВт или 3 % от показателя в 196,05 МВт, которыми королевство намерено обзавестись к концу 2025 г., а удельный вес «чистой» энергии в совокупном энергопотреблении находился в пределах статистической погрешности, составив всего 0,1 % [3]. Как видно, королевство не ставит перед собой слишком амбициозных задач в приближении энерге-

тического перехода. Причиной данного настроения является тот факт, что бахрейнская экономика, в отличие от соседей по региону, не столь сильно страдает от колебаний мировых цен на нефть [3].

Сдержанный подход к развитию возобновляемой энергетики демонстрирует и Катар. Падение нефтяных цен в 2014 г. практически не отразилось на эмирате, по-

Оман вступает за диверсификацию энергетического баланса и ставит цель, согласно которой к 2030 г. как минимум 30 % потребностей страны в электроэнергии должно покрываться из ВИЭ

скольку основа его экономики – не нефть, а природный газ. Эмират обладает третьими по величине разведанными запасами (proved reserves) природного газа в мире, равными, по состоянию на конец 2019 г., 24,7 трлн м³ [23]. Более того, формирование

в последние годы глобального газового рынка исключительно благотворно сказалось и на состоянии финансов страны. В обеспечении национальной энергетической безопасности Катар также полагается на собственные газовые месторождения. Соответственно, страна не рассматривает развитие возобновляемой энергетики в качестве приоритета. В 2014 г. суммарная мощность работающих на ВИЭ объектов составляла 42 МВт; в 2018 г. она возросла до 43 МВт. На ВИЭ в энергетическом балансе Катара в конце 2018 г. приходилось 0,4 %. Тем самым заданная цель – ввести в эксплуатацию к 2030 г. работающие на ВИЭ генерирующие объекты совокупной мощностью в 1,8 ГВт – реализована пока на 2,4 % [3].

Оман – ставка на солнечную и ветровую электрогенерацию

Как достаточно последовательное стоит охарактеризовать развитие возобновляемой энергетики в Омане. Программа по освоению ВИЭ предусмотрена Национальной энергетической стратегией, которая, в свою очередь, является составной частью Стратегии развития Омана на период до 2040 г. (англ. – Oman Vision 2040). Программа оговаривает необходимость

Солнечные панели в Саудовской Аравии

Источник: fishki.net



Солнечные электростанции в Омане

Источник: protenders.com

диверсификации энергетического баланса и закрепляет условие, согласно которому к 2030 г. как минимум 30 % потребностей страны в электроэнергии должно покрываться из ВИЭ [24]. Как и соседи по региону, Оман делает ставку на солнечную и ветровую электрогенерацию. Стимулами к развитию возобновляемой энергетики руководство Омана считает диверсификацию экономики, усиление ее конкурентоспособности и снижение объема выбросов парниковых газов. Среди приоритетов заявлено также укрепление энергетической безопасности в форме увеличения предложения объемов энергии с целью гарантированного удовлетворения потребностей посто-

янно увеличивающегося населения. Общее руководство развитием возобновляемой энергетики с 2018 г. возложено на Министерство нефти и газа [24], а практическая его реализация – на оманское Ведомство по освоению нефтяных ресурсов (англ. – Petroleum Development Oman, сокр. – PDO). Юридически PDO представляет собой вертикально интегрированную структуру – полугосударственное, получастное совместное предприятие, в котором 60 % уставного капитала принадлежит правительству Омана, 34 % – концерну Shell, 4 % – концерну Total и 2 % – компании Partex [25]. С 2018 г. PDO уже успело реализовать ряд проектов в сфере солнечной энергетики. В частности, все принадлежащие ведомству здания потребляют исключительно электричество, поступающее с СЭС, что ежегодно экономит 3,1 млн м³ природного газа. Произведенная на СЭС электроэнергия используется также для производства пара, который, в свою очередь, применяется в термических процессах нефтедобычи. Успешно реализованы и небольшие пилотные проекты по использованию электричества, выработанного СЭС. В деле снабжения коммунальной инфраструктуры «чистой» энергией PDO взаимодействует с оманским Управлением по водо- и электроснабжению.

Потребление электроэнергии в Кувейте возрастет к 2035 г. на треть. Эмират отдает предпочтение развитию газовой генерации, а возобновляемой энергетике отводится второстепенная роль

Неплохо развивается в Омане и ветроэнергетика. Реализацией ветроэнергетических проектов занимается консорциум, учрежденный местной компанией Rural Areas Electricity Company и фирмой из ОАЭ Masdar. Под руководством консорциума иностранные подрядчики возводят в южной части страны крупный (площадью 1900 га) ветропарк. Оборудование поставила компания General Electric. Проектная мощность ветропарка составляет 50 МВт; производимая электроэнергия должна обеспечивать потребности 16 тыс. домохозяйств. Проект носит статус пилотного: его успешная реализация даст «зеленый свет» реализации новых ветроэнергетических проектов в Омане и других государствах Персидского залива.

Обращает на себя внимание наличие в Омане хорошей нормативно-правовой базы, регулирующей развитие возобновляемой энергетики. Соответствующие нормы содержатся в финансовом, трудовом, медицинском, природоохранном и других отраслях законодательства. Сюда же относятся разного рода технические регламенты, устанавливающие обязательные стандарты безопасности [26].

Падение доходов от экспорта энергоносителей затронуло в последние годы и Оман. Бюджетные неурядицы негативно сказались также на финансовых возможностях PDO, в том числе и на способности компании развивать возобновляемую

Солнечная электростанция Дофар, Оман
Источник: masdar.ae

Air Products and Chemicals и саудовская энергокомпания ACWA Power договорились о строительстве крупнейшего в мире завода по производству водорода стоимостью 5 млрд долларов

энергетику. Хотя за 2014–2018 гг. суммарная мощность объектов возобновляемой энергетики увеличилась с 1 до 8 МВт, в настоящий момент стране еще далеко до реализации намеченной на 2024 г. задачи – довести этот показатель до 2,6 ГВт. По состоянию на конец 2018 г. удельный вес ВИЭ в энергетическом балансе Омана составил лишь 0,1 % [3]. В течение 2020 г. власти султаната изыскивали возможности привлечения стороннего финансирования PDO. Решение было найдено 7 декабря 2020 г., когда был учрежден холдинг Energy Development Oman (сокр. – EDO), в структуру которого вошел и PDO. Кроме того, перечень задач PDO отныне пополнился и развитием компетенций в сфере низкоуглеродных технологий [27].

Кувейт: лучше позже, чем никогда

В отличие от ОАЭ и других монархий залива, правительство Кувейта ранее не стремилось развивать компетенции в области возобновляемой энергетики, в результате чего вплоть до недавнего времени не имело ни соответствующих технологий, ни стратегии их внедрения. Так, еще в 2014 г. возобновляемая энергетика в этом государстве полностью отсутствовала – власти эмирата выбрали выжидательную тактику, оценивая опыт соседних стран по созданию технологических наработок, а также по формированию финансовой и нормативно-правовой базы для их внедрения в практику. В настоящий момент Кувейт находится в стадии создания технологических партнерств с международными игроками. В стране реализуется несколько пилотных проектов в сфере

солнечной энергетики; главным образом речь идет о размещении солнечных батарей на крышах зданий. По состоянию на 2018 г. суммарная мощность объектов возобновляемой энергетики в Кувейте достигла 79 МВт, а доля производимой ими «чистой» электроэнергии в общем объеме её потребления равнялась 0,4 %. Данный показатель составил всего-навсего 0,88 % от намеченной ранее цели в 11 ГВт, которой Кувейт намеревался достичь в 2020 г. [3]. Между тем по прогнозам кувейтских экспертов потребление электроэнергии в стране возрастет к 2035 г. на треть по отношению к уровню 2019 г. Власти эмирата отдают предпочтение ускоренному развитию газовой генерации [28, с. 35], а возобновляемой энергетике отводится второстепенная роль. Ожидается, что в 2035 г. удельный вес «чистой» электроэнергии составит 3 % энергопотребления страны, хотя власти не исключают доведения этого показателя до примерно 15 % к 2030 г. [28, с. 16, 24; 29].

И не только ВИЭ

В самое последнее время страны региона стали проявлять интерес и к такому направлению энергетического перехода, как водородная энергетика. Так, это инновационное направление вошло в стратегию Vision-2030 Саудовской Аравии, где, реализуя программу повышения эффективности бизнеса компании Saudi Aramco, в рамках демонстрационного проекта этой компании с Saudi Arabian Basic Industries Corp. (SABIC) и Институтом экономики энергетики Японии (IEEJ) в сентябре 2020 г. была произведена и отгружена в Японию первая партия водорода в виде аммиака⁶.

Месяцем раньше американская международная корпорация Air Products and Chemicals, Inc. подписала соглашение с саудовской электроэнергетической компанией ACWA Power и особой экономической зоной Саудовской Аравии NEOM–City о создании консорциума, целью которого является строительство крупнейшего в мире завода по производству водорода стои-

⁶ Данный проект охватил всю цепочку создания стоимости, включая преобразование углеводородов в водород, а затем в аммиак, а также улавливание и утилизацию выбросов диоксида углерода. Так, 30 т уловленного CO₂ были использованы в процессе производства метанола на предприятии SABIC в Ибн-Сине, а ещё 20 т направлены на месторождение Uthmaniyah, принадлежащее компании Saudi Aramco, для увеличения добычи нефти [30].



Добыча нефти Saudi Aramco
Источник: vestikavkaza.ru

мостью в 5 млрд долларов на побережье Красного моря. Этот завод будет производить «зелёный» водород электролизом воды, используя электроэнергию ветровых и солнечных электростанций. Пуск завода намечен на 2025 г. [31].

Пилотный проект по производству «зелёного» водорода методом электролиза воды реализуется и в ОАЭ. Здесь, в Дубае, рядом с СЭС им. Мохаммеда бин Рашид Аль Мактума, компания Siemens совместно с Управлением электроэнергетики и водных ресурсов Дубая (DEWA) и компанией Expo 2020 Dubai ведут строительство пилотного завода, пуск которого намечен «до начала ЭКСПО»⁷ [32].

Саудовская Аравия не спешит отказываться от нефти и газа, и явно нацелена на сохранение своей роли важного поставщика энергоресурсов – как традиционных углеводородов, так и водорода

⁷ Хотя Всемирная выставка Экспо, которая пройдёт в крупнейшем городе ОАЭ, называется «Экспо-2020», её открытие состоится только 1 октября 2021 г., а закрытие – 31 марта 2022 г. [33].





Эр-Рияд

Источник: badfon.ru

Конечно, не обошлось, как и в случае с ВИЭ, без «громких» заявлений. Так, в ноябре 2020 г. выступая на брифинге в Эр-Рияде в преддверии саммита G20, министр энергетики Саудовской Аравии принц Абдулазиз бин Салман заявил, что у королевства есть амбициозные планы стать крупнейшим поставщиком водорода в мире («голубого» водорода на базе местных запасов природного газа) [34].

В целом же анализ показывает, что Саудовская Аравия не спешит отказываться от нефти и природного газа, и явно нацелена на сохранение своей роли важного поставщика энергоресурсов – как в виде традиционных углеводородов, так и новых, в том числе – водорода. При этом в руко-

водстве страны растёт понимание того, что замена экспорта нефти новыми экологически чистыми энергоносителями, которые могут быть произведены с использованием существующей нефтегазовой инфраструктуры, в конечном итоге необходима для обеспечения долгосрочной жизнеспособности самой нефтяной промышленности [35].

Теневая сторона успехов

Тем не менее, несмотря на достигнутые нефтяными монархиями определенные успехи в развитии возобновляемой энергетики в соответствии с их стратегиями по диверсификации энергетического баланса и противодействию потеплению климата, перечисленные усилия имеют и другую, теневую сторону, о которой официальные представители предпочитают не распространяться.

Так, богатые нефтяные монархии Персидского залива сыграли одну из ключевых ролей в торможении повестки дня начатой в 1991 г. под эгидой ООН дискуссии о порядке и количественных параметрах снижения эмиссии парниковых газов в атмосферу. Особую активность проявляют – при поддержке лоббистских структур из других государств-производителей углеводородов – делегации Кувейта и Саудовской

ОАЭ – единственная из стран Персидского залива, которая при увеличении производства «чистой» энергии делает ставку на развитие атомной энергетики. В 2020 г. здесь была запущена АЭС Barakah

Аравии. В частности, в свое время обе делегации настаивали, что все решения по снижению выбросов должны приниматься единогласно, а не большинством голосов представителей 195 государств-членов ООН. В размыивании особо чувствительных для экспортеров углеводородных энергоносителей предложений арабским делегациям помогали и представители некоторых государств Запада – к примеру, Австралии. С подачи государств региона Персидского залива на дискуссии по климату в рамках ООН выносились и предложения включить в перечень оснований для международной помощи не только урон, наносимый, к примеру, некоторым беднейшим странам повышением уровня Мирового океана вследствие потепления климата,

Джидда

Источник: wildwestyblog.wordpress.com



но и ущерб, который в будущем возникнет у государств-производителей углеводородов из-за согласованного на международном уровне перехода на более климатически нейтральные энергоносители [10].

Предпринимая различные по действенности меры по развитию возобновляемой энергетики, правительства всех без исключения монархий региона продолжают удерживать добычу углеводородов на высоком уровне и даже стараются нарастить ее. В частности, Саудовская Аравия в минувшее десятилетие увеличила суточную нефтедобычу на 2 млн барр. Похожая картина наблюдается и в ОАЭ, считающихся по праву региональным первопроходцем в освоении ВИЭ. Хотя на эту страну в 2016–2019 гг. приходилось примерно 70 % всех введенных в эксплуатацию генерирующих мощностей на ВИЭ в регионе, здесь за минувшее десятилетие добыча нефти выросла на 800 тыс. барр. в сутки [10].

Заключение

Подытоживая сказанное, можно отметить следующее.

Возобновляемая энергетика имеет несомненные перспективы в районе Персидского залива. ВИЭ (а именно энергия солнца и ветра) в регионе – неиссякаемый источник гарантированной и потенциально дешевой электроэнергии. Развитие возобновляемой энергетики приобретает особую важность для Саудовской Аравии, ОАЭ, Бахрейна, Омана и Кувейта еще и потому, что позволяет за счет внутренних ресурсов укрепить энергетическую безопасность, диверсифицировать энергетический баланс и, по крайней мере, частично, покрыть свои растущие потребности в электроэнергии. Такой подход дает возможность пяти перечисленным государствам изначально снизить использование природного газа в электрогенерации, что для них весьма критично в силу нестабильности их отношений с двумя важнейшими экспортерами газа в регионе – Ираном и Катаром [3].

Строительство новых генерирующих мощностей и удешевление производства оборудования для возобновляемой энергетики в будущем позволят производителям снижать оптовые цены на «чистую» электроэнергию, что в конечном итоге должно снизить и тарифы для конечных потребителей. Так, за 2010–2017 гг. средниемировые отпускные цены на электроэ-

Возобновляемая энергетика имеет несомненные перспективы в районе Персидского залива. Энергия солнца и ветра в регионе – неиссякаемый источник гарантированной и дешевой электроэнергии

нергию снизились в ветровой энергетике (наземные ветропарки) на 22 %, а в солнечной – даже на 73 % [3]. Таким образом, электроэнергия станет более доступна и для промышленных, и для бытовых потребителей, что явится дополнительным стимулом для экономического роста в районе Персидского залива и, возможно, на всем Ближнем Востоке и в Северной Африке [14]. Использование ВИЭ как внутреннего резерва развития и дополнительного драйвера экономического роста способно также смягчать в перспективе неблагоприятное воздействие на местные экономики колебаний мировых цен на ископаемые энергоносители.

С другой стороны, имеется ряд присущих именно нефтяным монархиям объективных факторов, препятствующих развитию возобновляемой энергетики. К их

числу относятся финансовые и организационные проблемы, а также острый дефицит высококвалифицированных национальных кадров всех уровней. Успешная реализация долгосрочных программ по освоению ВИЭ невозможна без инвестиций в техническое образование и подготовку кадров, что само по себе требует грамотного планирования на десятилетия вперед. Проблемы, с которыми столкнулся регион Персидского залива при осуществлении проектов в сфере возобновляемой энергетики, а также способы их решения представляют несомненный интерес и для других стран, в том числе и для России. Из опыта арабских монархий видно, что для освоения ВИЭ уже недостаточно двух, казалось бы, основных предпосылок – политической воли и необходимых финансовых ресурсов. Практическая реализация проектов в сфере

«чистой» энергии должна увязываться с потребностями экономики в национальном и региональном масштабах, а не быть данью политической моде. Примеры стран Персидского залива демонстрируют, что успешное развитие возобновляемой энергетики требует современного и мотивированного управленческого аппарата. А это, в свою очередь, немыслимо без развитого нормативно-правового регулирования, которое позволяет оперативно и гибко реагировать на различного рода вызовы.

Сложившаяся в последние годы в арабских государствах Персидского залива ситуация наглядно показывает, что состояние экономик нефтяных монархий на обозримую перспективу все равно будет зависеть от мировой конъюнктуры на ископаемые углеводороды со всеми вытекающими последствиями. Поэтому, при всей значимости

и необходимости подобных преобразований, они останутся в числе основных поставщиков углеводородного топлива на мировые рынки, а нефть и газ по-прежнему будут краеугольным камнем их экономики и международных отношений. И конкуренция с ними на этом сужающемся рынке будет только возрастать. Можно даже предположить, что сами цели энергоперехода, как и развитие возобновляемой энергетики и соответствующей риторики, может быть дополнительным средством укрепления позиции этих стран на энергетических рынках.

Более того, поскольку Энергетической стратегией России поставлена задача вхождения Российской Федерации в число мировых лидеров по производству и экспорту водорода, то страны Персидского залива могут стать основным конкурентом России и на этом пути.

Использованные источники

1. Кито де Бур, Джон Тернер. Диверсификация по-арабски. Вестник McKinsey. Номер 16 (2007). – URL: <http://vestnikmckinsey.ru/strategic-planning/diversifikaciya-po-arabski>
2. Krane Jim. Energy Kingdoms: Oil and Political Survival in the Persian Gulf / Columbia University Press, 2019. – URL: <https://www.amazon.com/Energy-Kingdoms-Political-Survival-Persian/dp/0231179308>
3. Renewable Energy in the Gulf Arab States. – URL: <https://ccas.georgetown.edu/2019/11/18/renewable-energy-in-the-gulf-arab-states/>
4. Кристиан Коатс-Ульрихсен. Персидский залив: есть ли жизнь после нефти?// Журнал «Россия в глобальной политике». – URL: <https://globalaffairs.ru/articles/persidskij-zalivest-li-zhizn-posle-nefti/>
5. IMF Country information. – URL: <https://www.imf.org/en/Countries>
6. Мануков С. Странам Персидского залива необходимы более высокие цены на нефть. – URL: <https://expert.ru/2020/09/29/gulf/>
7. The end of the Arab world's oil age is nigh. – URL: <https://www.economist.com/middle-east-and-africa/2020/07/18/the-end-of-the-arab-worlds-oil-age-is-nigh>
8. Saudi Arabia's Energy Policy. A Disciplined Approach to Forward-looking Policymaking. August 31, 2012. – URL: https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/legacy_files/files/publication/120831_Akhonbay_SaudiArabiaEnergy_Web.pdf
9. Climate Change Legislation - Saudi Arabia. – URL: <https://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2015/05/SAUDILARABIA.pdf>
10. How real is Saudi Arabia's interest in renewable energy? – URL: <https://www.theguardian.com/environment/2019/oct/12/how-real-saudi-arabia-interest-renewable-energy>
11. Saudis bauen Ökostrom massiv aus. – URL: <https://www.n-tv.de/wirtschaft/Saudis-bauen-Okostrom-massiv-aus-article19564271.html>
12. Solar Energy in Saudi Arabia: Perspectives. – URL: <https://www.ecomena.org/solar-saudi-arabia/>
13. Saudi Arabia's 300 MW Sakaka solar plant comes online. – URL: <https://www.pv-magazine.com/2019/11/27/saudi-arabias-300-mw-sakaka-solar-plant-comes-online/>
14. Renewables Market in MENA. – URL: <https://www.bioenergyconsult.com/renewables-market-mena/>
15. The National Renewable Energy Program. – URL: <https://www.powersaudiarabia.com.sa/web/index.html>
16. Vision 2030. – URL: <https://vision2030.gov.sa/en>
17. Riyadh and Japanese investment fund are seeking to develop 200GW of solar projects throughout the kingdom. – URL: <https://www.meed.com/saudi-arabia-softbank-sign-agreement-200bn-solar-venture/>
18. Будущее откладывается. Саудовская Аравия прощается с сырьевым благополучием. – URL: https://finance.rambler.ru/markets/44214256/?utm_content=finance_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink
19. Green economy for sustainable development. – URL: <https://www.khaleejtimes.com/article/20120115/ARTICLE/301159883/1002>
20. UAE Energy Strategy 2050. – URL: <https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/federal-governments-strategies-and-plans/uae-energy-strategy-2050>
21. UAE's clean energy goals are not limited to solar, says energy minister. – URL: <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/UAEs-clean-energy-goals-are-not-limited-to-solar-s>
22. National Renewable Energy Action Plan (NREAP). – URL: <http://www.sea.gov.bh/nreap/>
23. BP Statistical Review of World Energy 2020. 69th edition. – URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
24. Oman's Renewable Energy Projects. – URL: <https://www.trade.gov/market-intelligence/omans-renewable-energy-projects>
25. A dynamic market leader. – URL: <https://theenergyyear.com/companies-institutions/petroleum-development-oman/>
26. Clean Energy in Oman. – URL: <https://www.tamimi.com/law-update-articles/clean-energy-oman/>
27. Energy Development Oman holding launched. – URL: <https://theenergyyear.com/news/energy-development-oman-holding-launched/>
28. Kuwait Energy Outlook - 2019. Sustaining Prosperity Through Strategic Energy Management / Energy Building and Research Center, Kuwait Institute for Scientific Research, 2019. – 84 с.
29. Kuwait Inaugurates Renewable Energy Project with 70 MW Production Capacity. – URL: <https://english.aawsat.com/home/article/1601581/kuwait-inaugurates-renewable-energy-project-70-mw-production-capacity>
30. Саудовская Аравия запускает крупнейшее в мире производство «зеленого» водорода. – URL: <http://rcc.ru/article/saudovskaya-araviya-zapuskaet-krupneyshee-v-mire-proizvodstvo-zelenogo-vodoroda-74878>
31. Green hydrogen to be «the new oil» in the next 20 years, says Siemens Middle East. – URL: <https://www.arabianbusiness.com/energy/438001-green-hydrogen-to-be-the-new-oil-in-the-next-20-years-says-siemens-middle-east-chief-manuel-kuehn>
32. Саудовская Аравия раскрыла план стать глобальным водородным гигантом. – URL: <https://www.arabianbusiness.com/energy/454835-saudi-arabia-reveals-plan-to-be-global-hydrogen-giant>
33. Saudi Aramco отгрузила в Японию первую партию «голубого» аммиака. – URL: <https://rupec.ru/news/45293/>
34. Экспо-2020 Дубай. Даты проведения. – URL: <https://dubai-expo-2020.ru/daty-provedeniya/>
35. Bassam Fattouh. Saudi Oil Policy: Continuity and Change in the Era of the Energy Transition// OIES PAPER: WPM 81, January 2021. – URL: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/01/Saudi-Oil-Policy-Continuity-and-Change-in-the-Era-of-the-Energy-Transtion-WPM-81.pdf>



Озеро Кезеноям на границе Чечни и Дагестана

Источник: Marisha_SL / Depositphotos.com

УДК 621.3

DOI 10.46920/2409-5516_2021_1155_78

Приоритетные направления развития энергетики Чеченской Республики

Priority areas of development energy of the Chechen Republic

Ибрагим КЕРИМОВ

Академия наук Чеченской Республики,
г. Грозный, вице-президент, д. ф.-м. н.,
профессор, академик АН ЧР
e-mail: ibragim_kerimov@mail.ru

Майрбек ДЕБИЕВ

Грозненский государственный нефтяной
технический университет им. акад. М.Д.
Миллионщикова, г. Грозный, доцент кафедры
«Электротехника и электропривод», к. т. н., доцент
e-mail: mair76@mail.ru

Сулиман МАСАЕВ

ПАО «Россети Северный Кавказ», г. Пятигорск,
заместитель генерального директора –
руководитель электросетевого комплекса по
Чеченской Республике
e-mail: sm2253242@mail.ru

Ibrahim KERIMOV

Academy of Sciences of the Chechen Republic, Grozny,
Vice-President, Doctor of Physical and Mathematical
Sciences, Professor, Academician of the Academy of
Sciences of the Chechen Republic
e-mail: ibragim_kerimov@mail.ru

Mayrbek DEBIEV

M.D. Millionshchikov Grozny State Oil Technical
University, Grozny, Associate Professor of the
Department of Electrical Engineering and Electric Drive,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
e-mail: mair76@mail.ru

Suliman MASAIEV

PJSC «Rosseti North Caucasus», Pyatigorsk, Deputy
General Director - Head of the Electric Grid Complex for
the Chechen Republic
e-mail: sm2253242@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы развития энергетического комплекса Чеченской Республики. Основной акцент сделан на развитии возобновляемых источников энергии. Проведен анализ улучшения электрических схем и сетей для обеспечения устойчивости и надежности электроснабжения потребителей республики. Кратко рассмотрено выполнение программы развития энергетики Чеченской Республики (2011–2030 гг.) за истекшие девять лет. Предложено выполнение фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ в области возобновляемой энергетики.

Ключевые слова: энергетика, энергосистема, ветроэнергетика, солнечная энергетика, малая гидроэнергетика, природные ресурсы.

Abstract. The article deals with the development of the energy complex of the Chechen Republic. The main focus is on the development of renewable energy sources. The analysis of the improvement of electrical circuits and networks to ensure the stability and reliability of power supply to consumers in the republic. The implementation of the Energy Development Program of the Chechen Republic (2011–2030) over the past nine years was briefly reviewed. The implementation of fundamental and applied research works in the field of renewable energy is proposed.

Keywords: power engineering, power system, wind power engineering, solar power engineering, small hydropower engineering, natural resources.



В настоящее время на территории Чечни функционирует 36 ГЭС. Ведутся работы по проектированию и строительству еще около 30 ГЭС

Введение

Повышение эффективности развития энергетики России – важная стратегическая задача, цель которой направлена на экономию топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), улучшение экологических условий, снижение цен на электрическую энергию и тарифов на услуги по её транспортировке. Также требуется обеспечение надежными, качественными и экономически обоснованными потребностями внутреннего рынка в энергоносителях, энергии и сырье на основе энергоэффективности и энергосбережения. Эти задачи затрагивают практически все сферы деятельности

электросетевых компаний, требуют комплексного системного подхода к разработке и практической реализации соответствующих мероприятий и программ, в которых требуется выделить специальные разделы для определения приоритетных направлений, конкретных проектов, индикаторов и ключевых показателей по определенному региону [1, 2, 3, 4].

Для обеспечения стабильного экономического состояния Чечни в 2010 г. была разработана программа развития энергетики республики на период с 2011 по 2030 гг. [2,3,4]. Данная программа включает в себя 4 подпрограммы: «Электроэнергетика», «Гидроэнергетика», «Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии», «Использование геотермальных вод». В последние годы дополнительно разработаны еще две программы:

- программа модернизации и повышения надежности электросетевого комплекса Чечни в 2020–2024 гг. (долгосрочная), которая охватывает проведение работ по модернизации, техническому перевооружению, реконструкции и новому строительству линий электропередач протяженностью – 5 188 км и трансформаторного парка мощностью – 577 МВА;
- программа снижения потерь электрической энергии на 2019–2023 гг., по техническому перевооружению

и реконструкции ТП 10–6/0,4 кВ с отходящими ВЛ-0,4 кВ, а также со строительством отпаяк ВЛ-6,10 кВ.

Электроэнергетика

Электроэнергетический комплекс Чечни территориально включает в себя электрические сети напряжением 330 кВ, а также электрические сети напряжением 0,4; 6; 10; 35; 110 кВ [3, 4]. Наиболее важным и первостепенным центром питания электрической сети на территории чеченской энергосистемы является подстанция «ПС 330 кВ Грозный», суммарная мощность которой составляет 375 МВА.

Управлением и эксплуатацией электроэнергетического комплекса республики занимается сетевая компания – «Чеченэнерго», на балансе которой имеется 4928 подстанций (ПС), в том числе: 27 ПС 110 кВ; 59 ПС 35 кВ; 4842 ПС 6–10 кВ. Суммарная трансформаторная мощность всех подстанций составляет 2258,96 МВА. Протяженность линий электропередачи достигает 14678,31 км, в том числе: ВЛ 110 кВ – 52 шт. (1150,54 км); ВЛ 35 кВ – 88 шт. (980,65 км); ВЛ 6–20 кВ – 355 шт. (4798,85 км); ВЛ 0,4 кВ – 7408 шт. (7748,27 км); КЛ 6–20 кВ – 441 шт. (459,62 км); КЛ 0,4 кВ – 449 шт. (644,95 км).

Вместе с тем, в Чечне имеются еще несколько подстанций 110/35 кВ на балансе других организаций, но связанные с основной электрической сетью энергосистемы «Чеченэнерго».

Энергопотребление в Чечне постоянно растет. В 2019 г. оно увеличилось на 5 %, до 3016 млн кВт·ч. Максимум нагрузки достиг 531 МВт. В ближайшие годы здесь может возникнуть дефицит мощности

В 2019 г. собственный максимум нагрузки Чеченской Республики составил 531 МВт (рис. 1). Темпы электропотребления с каждым годом имеют динамику определенного роста. Так, в сравнении с 2018 годом, уровень электропотребления увеличился на 5 % и достиг значения 3015,9 млн кВт·ч (рис. 2).

По причине того, что действующие электрические сети выработали свой ресурс и не подверглись обновлению, происходят

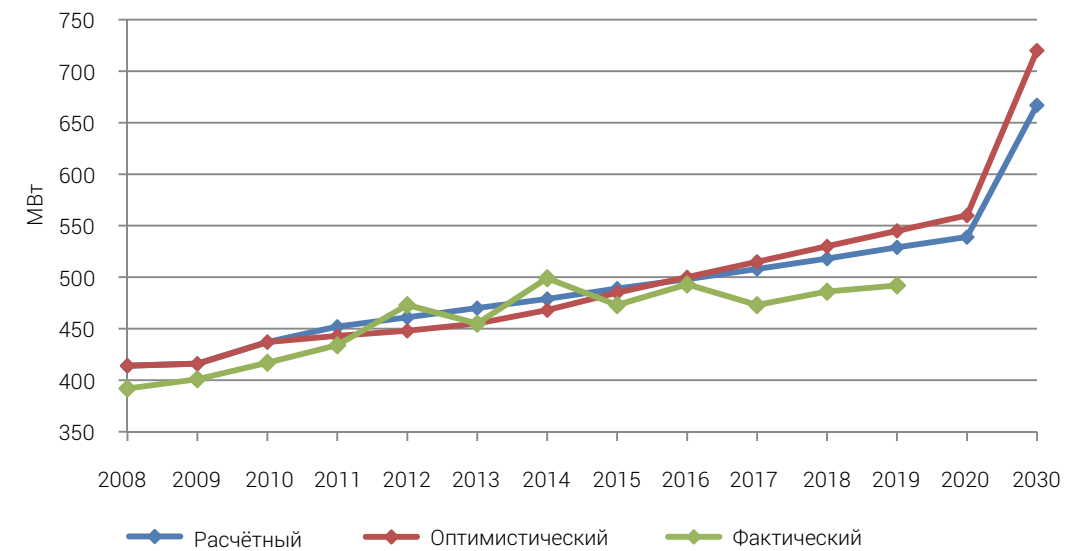


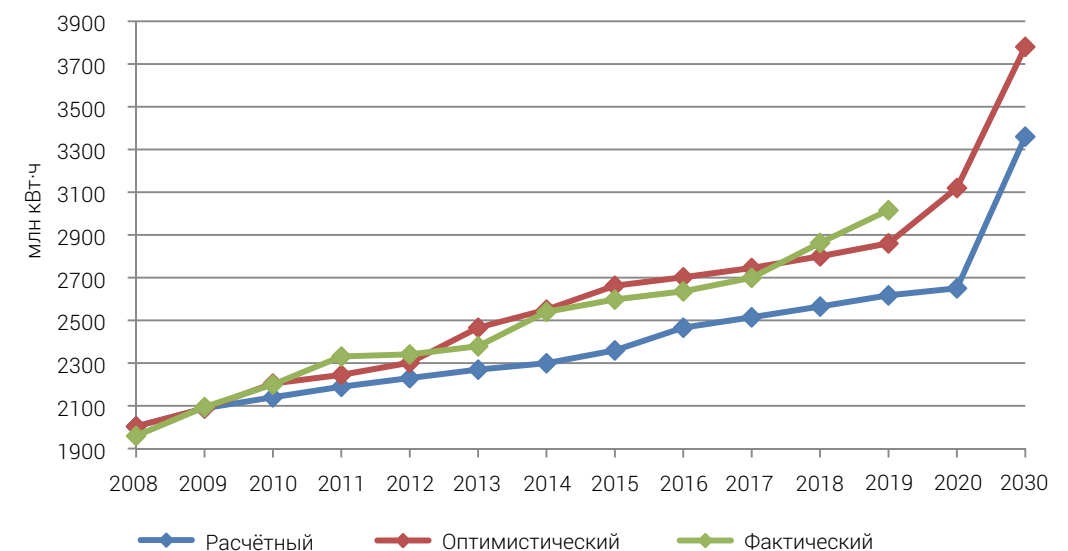
Рис. 1. Баланс мощности чеченской энергосистемы в период до 2030 года

потери электрической энергии. Одним из приоритетных целей по уменьшению излишних потерь электрической энергии является реализация в электросетевом комплексе региона комплексной программы по снижению сверхнормативных потерь.

Развитие источников электроэнергии. В ближайшие годы ожидается дефицит мощности, а тем самым и электроэнергии. Мощность может составить 535–545 МВт, а электроэнергия 3240–3250 млн кВт·ч [3]. Развитие генерирующих источников на территории Чечни предусматривалось путем расширения Аргунской ТЭЦ до 50 МВт и строительства Грозненской ТЭС

мощностью 400 МВт [2]. Ввод мощности Аргунской ТЭЦ планировался в 2019 г., но из-за строительства Грозненской ТЭС мощностью 358 МВт, мероприятия по восстановлению Аргунской ТЭЦ полностью прекращены. В 2018 году в республике осуществлен ввод Грозненской ТЭС (ГТУ-1 и ГТУ-2, мощностью по 176 МВт каждый) общей мощностью 352 МВт. При работе даже в базовом режиме Грозненская ТЭС позволит обеспечить порядка 70 % от потребной электрической мощности при максимальных пиковых зимних нагрузках региона. Но, действующие блоки газотурбинной установки (ГТУ) по своим техни-

Рис. 2. Электропотребление чеченской энергосистемы в период до 2030 года



Высокогорные ЛЭП

Источник: uk-parkovaya.ru



ческим характеристикам экономически эффективны в режиме пиковых нагрузок.

С учетом ввода Грозненской ТЭС и каскада гидроэлектростанции (ГЭС) на реке Аргун, чеченская энергосистема могла бы самобалансироваться. Вместе с тем, были бы незначительные избытки как по мощности, так и по электроэнергии (до 130 МВт и 470–480 млн кВт·ч соответственно) [3,5]. С 2015 г. на реке Аргун функционирует малая ГЭС (Кокадойская МГЭС) мощностью 1,3 МВт, расположенная в горной местности республики, выдача электроэнергии которой производится в централизованную электрическую сеть чеченской энергосистемы. Выработка электроэнергии Кокадойской МГЭС за 2019 год составила 7,86 млн кВт·ч. На стадии завершения строительство МГЭС (Кировская МГЭС) мощностью 0,5 МВт на реке Сунжа. Выполнена разработка проектов строительства малых ГЭС на реке Аргун: МГЭС «Сателлит» – 1,2 МВт; МГЭС «Гухой» – 2,1 МВт; МГЭС «Ушкалой» – 4,9 МВт. «Юг-Строй» начал инвестирование проекта строительства МГЭС на реке Аксай мощностью 1 МВт с предварительной стоимостью 294 млн руб. Начаты предварительные изыскания компании «Стройпроект-ТМ» по строительству МГЭС «Башенная» в Итум-Калинском районе с установленной мощностью 8 МВт и оценочной стоимостью в 1,3 млрд руб. Согласно программе развития энергетики Чечни на 2011–2030 гг., на Терском хребте республики планировалось построить ветропарк, состоящий из 24 ветроэнергетических установок (ВЭУ) с установленной мощностью 1,5 МВт каждая, с общей установленной мощностью 36 МВт [2,4,5]. К сожалению, этот проект в настоящее время в программе не учитывается. С компанией «Авелар Солар Техно-

Ранее на Терском хребте планировался ветропарк из 24 энергоустановок с общей установленной мощностью 36 МВт. Но сейчас этот проект в программе развития энергетики Чечни не учитывается



Аргунское ущелье и река Аргун

Источник: bersaev82.mail.ru / Depositphotos.com

луджи» правительством Чечни подписано соглашение о строительстве на территории республики солнечной электростанции мощностью до 5 МВт с ориентировочными затратами на строительство в 525 млн руб.

Развитие электрических сетей. За последние четыре года на территории Чечни построены и введены в работу шесть новых подстанций напряжением 110 кВ общей мощностью 285 МВА. Построенная в центре г. Грозный и введенная в работу в 2019 г. цифровая подстанция «ЦПС 110 кВ Город» с двумя трансформаторами по 40 МВА, общей мощностью 80 МВА является одной из первых цифровых подстанций на Северном Кавказе. Данная подстанция позволит снять электрические нагрузки перегруженных подстанций г. Грозный и тем самым будет способствовать повышению бесперебойности, надежности и качеству электроснабжения населения и инфраструктуры столицы. На подстанции «ПС 110 кВ Шали» в 2020 г. выполнена замена одного из двух трансформаторов 16 МВА на 40 МВА, что также способствует повышению бесперебойности, надежности и качеству электроснабжения населения

и инфраструктуры полностью Шалинского и Веденского районов республики. На введенной в работу Грозненской ТЭС установлены блочные трансформаторы мощностью по 250 МВА (итого – 500 МВА). Выполнено увеличение мощности трансформаторного парка действующих подстанций чеченской энергосистемы на 245 МВА. В электрической сети напряжением 110 кВ построены и введены в работу пять воздушных линий электропередач, общая протяженность которых составляет порядка – 120 км. По завершению строительства и ввода в работу Грозненской ТЭС, в целях надежности и обеспечения резервирования сети 110 кВ выполнена реконструкция некоторых ВЛ-110 кВ с переподключением их к другим подстанциям. Произведены реконструкция и техническое перевооружение некоторых подстанций, с заменой коммутационного оборудования, а также монтажом и наладкой устройств релейной защиты и автоматики на современной микропроцессорной базе. Планируется строительство и ввод в работу ПС 110 кВ «Ведучи» с двумя трансформаторами мощностью 25 МВА и 40 МВА, а также строительство ВЛ 110 кВ «Горец –

Ведучи» и ВЛ 110 кВ «Цемзавод – Ведучи», с последующим присоединением Всесезонного горнолыжного курорта (ВГК) «Ведучи». Заявленная мощность Всесезонного горнолыжного курорта 24 МВт.

В целях обеспечения надежности электроснабжения потребителей и обеспечения резервирования планируется строительство, а также замена устаревшего оборудования по сети 35 кВ. Данные работы планируется проводить как на подстанциях, так и на воздушных линиях. Одним из главных вопросов в развитии энергетического комплекса является снижение потерь электрической энергии, предполагаемое новым строительством электрических сетей коммунально-бытовых потребителей, уточнением требований к надежности электроснабжения и схемам построения электроснабжающих и распределительных сетей, разгрузку центров питания и модернизацию разветвленной сети 0,4 кВ с фиксированной электрической нагрузкой [3, 4, 6].

Гидроэнергетика

Целесообразность использования гидроэнергоресурсов горных рек неоднократно обоснована на практической деятельности развития энергетики республик Северного Кавказа, на территории которого в настоящее время функционирует 36 ГЭС. Ведутся работы по проектированию и строительству еще около 30 ГЭС [2, 7].

В представленной компанией «РИКО Групп» схеме размещения объектов каскада ГЭС и социальной сферы, предлагается строительство каскада ГЭС на р. Аргун, которое имеет огромное социальное значение, связанное с созданием более 20 000 новых рабочих мест во время строительства (12–15 лет).

Построенная в Грозном в 2019 г. цифровая подстанция «ЦПС 110 кВ Город» с двумя трансформаторами общей мощностью 80 МВА является одной из первых цифровых подстанций на Северном Кавказе

Количество всех рек насчитывается порядка 3198, суммарная протяженность которых составляет 6508,8 км. Стоки горных рек по сезонам года характеризуются примерно следующим коэффициентом распределения: на летний период (июнь–август) падает 55 %, на весенний и осенний – 35 %, на зимний (декабрь–февраль) – 10 %. Необходимо отметить, что в последние десятилетия гидрологический режим рек республики существенно изменился, в связи с чем необходимо проведение регулярных гидрологических наблюдений на большинстве рек республики [8, 9].



Терский хребет
Источник: *osmievlivejournal.com*

Использование нетрадиционных источников электроэнергии и ВИЭ

Ветроэнергетика. Чеченская Республика относится к району, территория которой характеризуется средней скоростью ветровой энергии [2, 7]. Для некоторых территорий республики выполнены определенные расчеты ветрового потенциала с пересчетом скоростей и повторяемостей ветра с высоты флюгеров на высоту 75 метров (уровень верхней точки ветроэнергетической установки мощностью 500–750 кВт). Из анализа проведенных расчетов следует, что ветроэнергетический валовый потенциал вышеперечисленных территорий составляет 1406 млрд кВт·ч/год, а технический потенциал в свою очередь достигает

≈ 14 млрд кВт·ч/год. Применение современных ветроэнергетических установок (ВЭУ) экономически целесообразно и выгодно при среднегодовой скорости ветра от 5 м/с [9, 10].

Представляется оптимальным создание ветропарка на Терском хребте, имеющим высоты над уровнем моря 400–600 м [2]. Согласно исследованиям по ветроэнергетике, энергия ветра на таких высотах больше на 5–10 %, чем энергия ветра на высотах 0–100 м. Тем не менее, необходимо установить мачты для проведения цикла ветроизмерений на площадке будущей ветроэлектростанции (ВЭС).

Солнечная энергетика. Потенциал солнечной энергии, выраженный значением радиационного баланса, в равнинных и предгорных районах Чечни составляет 50–55 ккал/см² в год. Чем выше высота местности, тем уменьшается радиационный баланс и на высоте 2500 м его значения не превышают 30–35 ккал/см², а в высокогорной зоне он уменьшается до отрицательных величин и в среднем на высоте более 3000 м равен –3÷4 ккал/см². По всей территории региона продолжительность солнечного сияния составляет в среднем 330 дней в году, а плотность солнечного излучения достигает порядка – 0,33 кВт/м², а на равнинной части и в горных районах доходит до – 0,46 кВт/м². Вместе с тем наблюдаются и дни без солнца, которые в долино-предгорных районах республики составляют от 34 до 40 дней и от 10 до 12 дней в горных местностях [2]. Самое большое количество дней без солнца наблюдается на равнинной части территории республики и составляет 61 день. В целом за год облачная погода уменьшает поступления прямой радиации на 20–25 % от потенциально вероятной. Наибольшей интенсивности суммарная солнечная радиация территории республики достигает в мае–июле, для предгорных районов которая изменяется в пределах от 280 до 300 мДж/м², а в высокогорных районах колеблется в диапазоне от 360 до 400 мДж/м². Суммарный объем для всей территории Чечни оценивается величиной – 1,365 кВт·ч/(м²·год).

На территории станции «Наурская» планируется реализация инвестиционно-го проекта «Наурская СЭС» установленной мощностью 5 МВт, с присоединением к централизованной энергосистеме по сети 10 кВ от ПС 110 кВ Наурская.

Детандер-генераторные агрегаты (ДГА). Функционирование турбодетандерных установок электрической мощностью от 0,5 до 10 МВт в разных районах, населенных пунктах и промышленных объектах способствуют экономически обоснованному и перспективному развитию энергетического комплекса [11].

Общая длина магистральных газопроводов высокого давления Чечни в настоящее время достигает 698 км. Суммарное значение потенциала имеющейся мощности газа на газорегулирующих станциях (ГРС) республики оценивается значением 27,2 МВт. При таком значении газа появляется возможность выработки электроэнергии на величину от 220 до 250 млн кВт·ч в год.

Сотрудниками компании «Ионообменные технологии» (г. Москва) выполнен анализ возможностей внедрения энергосберегающего комплекса на основе детандер – генераторного агрегата ЭТДА российского производства. Исследования определили, что ДГА могут эффективно использоваться на 11 ГРС Чечни. В 2011–2018 гг. планировалось внедрить технологии детандер-генераторных установок на пяти ГРС, что повлияло бы на использование безвозвратно теряющейся энергии сжатого газа, с установленной суммарной мощностью в 11,3 МВт и выработкой электроэнергии до 100 млн кВт·ч в год. Ориентировочная стоимость проекта – 500 млн руб. Первый проект предполагалось реализовать в 2011–2012 гг. на ГРС-1, с номинальной мощностью в 1,5 МВт и выработкой электрической энергии до 13,1 млн кВт·ч в год. Ориентировочная стоимость проекта 62,1 млн руб. [2].

Станица Наурская в Чечне



Источник: *ru.wikipedia.org*

В настоящее время коллективом научно-технического центра (НТЦ) «Зеленая энергетика» разработаны предложения по внедрению ДГА на Чири-Юртовском цементном заводе.

Биоэнергетика. Использование твердых бытовых отходов (ТБО) в биоэнергетике в республике целесообразно при утилизации отходов городов с населением около 100 тысяч человек. Реализация такого производства возможна в некоторых городах региона: Грозный, Гудермес, Аргун, Шали, Урус-Мартан и др. [2, 6, 9].

В последние десятилетия гидрологический режим рек Чечни существенно изменился, в связи с чем необходимо проведение регулярных гидрологических наблюдений на большинстве рек республики

Ниже приведена оценка технических параметров утилизации биогаза на первых парах на полигоне ТБО г. Грозного:

- значение получаемого биогаза – 13–15,0 тыс. м³/сут. (5 млн м³/год);
- снижение эмиссий ПГ: около 40 тыс. т CO₂ – экв./год;
- расчетная мощность двигателя-генератора, который может быть использован для выработки электроэнергии на биогазе – 1000 кВт;



Башня Васеркел, гора Коре-лам, Чечня

Источник: openkavkaz.com

- тариф реализуемой электроэнергии – 1,74 руб./кВт·ч;
- ставка дисконтирования – 10 %;
- стоимость единого социального взноса ЕСВ – 8 евро/т CO₂ – экв.

Для утилизации бытовых отходов с выработкой биогаза на существующих свалках крупных городов и населенных пунктов Чечни необходимо провести исследовательские работы по оценке потенциалов бытовых отходов, определения направления утилизации и выработки технико-экономического обоснования по реализации технических решений.

Использование геотермальных вод

Чеченская Республика является регионом, где имеются довольно благоприятные условия для создания геотермальных циркуляционных систем (ГЦС), что подтверждается длительной эксплуатацией первой в СССР ГЦС созданной в Ханкальской долине в 1985 г. [2, 12]. На территории республики существует 14 термоводозаборов, суммарные разведанные запасы, по которым составляют 64680 м³/сутки в режиме самоизлива. По двум термоводозаборам (Ханкальский, Гойтинский)

утверждены запасы по промышленным категориям в количестве 10650 м³/сутки.

В данное время основным потребителем термальной воды является коммунальное хозяйство – 12,8 тыс. м³/сутки (48 %) и сельское хозяйство – 11,4 тыс. м³/сутки (43 %). Как показывают расчеты, создание системы геотермального теплоснабжения территории г. Грозный на базе разведанных ресурсов месторождений позволит обеспечить ежегодную экономию органического топлива в 150 тыс. т у. т. и сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу в объеме 250 тыс. т.

В рамках постановления Правительства РФ № 218 от 09 апреля 2010 г. силами ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова был реализован комплексный проект по созданию опытно-промышленной геотермальной станции на основе реализации циркуляционной схемы использования глубинного тепла Земли [2].

Площадь территории, отведенной для Ханкальской геотермальной станции, составляет 4900 м², при этом площадь самой станции, включая скважины – 406 м². Вместе с тем, проведенная теплосъемка пос. Гикало и прилегающей к нему территории Ханкальского месторождения выявила 13 аномалий с различными источниками (кострами, системой отопления и др.).

Заключение

Развитие энергетики в Чечне целесообразно осуществить в 2 этапа:

- 1) строительство небольших опытных установок, использующих ВИЭ, с целью фактического (экспериментального) подтверждения прогнозных расчетных значений [7, 9];
- 2) постепенное массовое внедрение установок, использующих ВИЭ в частном секторе с созданием необходимых тарифных условий для использования и строительства установок в промышленных масштабах в рамках энергетических частных или государственных компаний [6, 10].

Оба этапа можно начинать реализовывать одновременно. Для реализации первого этапа необходима государственная помощь и привлечение инвестиционных средств. Для реализации второго этапа в первую очередь необходима подготовка законодательной базы с учетом возможности тарифного регулирования для обеспечения экономически обоснованных тарифов на «зеленую» электроэнергию хотя бы на республиканском уровне, на-

пример, на переходный период или на период реализации программы.

Вместе с тем, первоочередными задачами развития энергетики республики являются нижеследующие:

1. Разработка современной программы развития нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на территории Чечни.
2. Организация гидрологического мониторинга на горных реках республики с целью выбора оптимальных мест размещения МГЭС.
3. Организация комплексных метеорологических наблюдений (солнечная радиация, скорость и направление ветра на разных высотах и др.) в различных районах республики с целью выбора оптимальных мест размещения солнечных и ветровых энергоустановок.
4. Выполнение фундаментальных и прикладных НИР в области возобновляемой энергетики.
5. Разработка рекомендаций и инвестиционных предложений для промышленных предприятий и ЖКХ республики.

Использованные источники

1. Зубаревич Н. В. Стратегия пространственного развития: приоритеты и инструменты // Вопросы экономики. 2019, № 1. С. 135–145.
2. Керимов И. А., Гайсумов М. Я., Ахматханов Р. С. Программа развития энергетики Чеченской Республики на 2011–2030 гг. // Наука и образование в Чеченской Республике: состояние и перспективы развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 10-летию со дня основания КНИИ РАН (7 апреля 2011 г., г. Грозный). Грозный, 2011. С. 38–63.
3. Схема и программа развития электроэнергетики Чеченской Республики на 2018–2022 годы. Разработчик: Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова. Грозный, 2018. 96 с.
4. Kaja Primc, Renata Slabe-Erker. Social policy or energy policy? Time to reconsider energy poverty policies. Energy for Sustainable Development. Volume 55, April 2020, pp. 32–36. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.01.001>.
5. Керимов И. А., Минцаев М. Ш., Дебиев М. В. Основные этапы реализации программы развития энергетики Чеченской Республики // В сборнике: Геоэнергетика – 2019, Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией М. Ш. Минцаева. 2019. С. 38–56.
6. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии / А. А. Бурмистров, В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина и др. М.: МЭИ, 2009. 144 с.
7. Баринова В. А., Ланьшина Т. А. Особенности развития возобновляемых источников энергии в России и в мире // Российское предпринимательство. 2016, Т. 17. № 2, С. 259–270.
8. Morales S., Corredor L. M. Paba J., Sandoval L. E. P. Stages in the development of a small hydropower project: Context and implementation basic criteria. DYNA (2014), 81 (184):178. – URL: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v81n184.39757>.
9. Сибикин Ю. Д., Сибикин М. Ю. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. М.: КНОРУС, 2010. 232 с.
10. Al-falahi Monaaf DA., Jayasinghe SDG., Enshaei, H. A review on recent size optimization methodologies for standalone solar and wind hybrid renewable energy system. Energy Conversion and Management. 2017. V. 143, pp. 252–274.
11. Перспективы использования детандер-генераторных установок в системе газовых сетей Чеченской Республики / И. А. Керимов, М. Я. Гайсумов, Р. С. Ахматханов, М. В. Дебиев // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2011, № 1(14). С. 80–89.
12. Термальные подземные воды Чеченской Республики / Фархутдинов А. М., Черкасов С. В., Минцаев М. Ш., Шаипов А. А. // Природа. 2017, № 3 (1219). С. 28–35.



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА



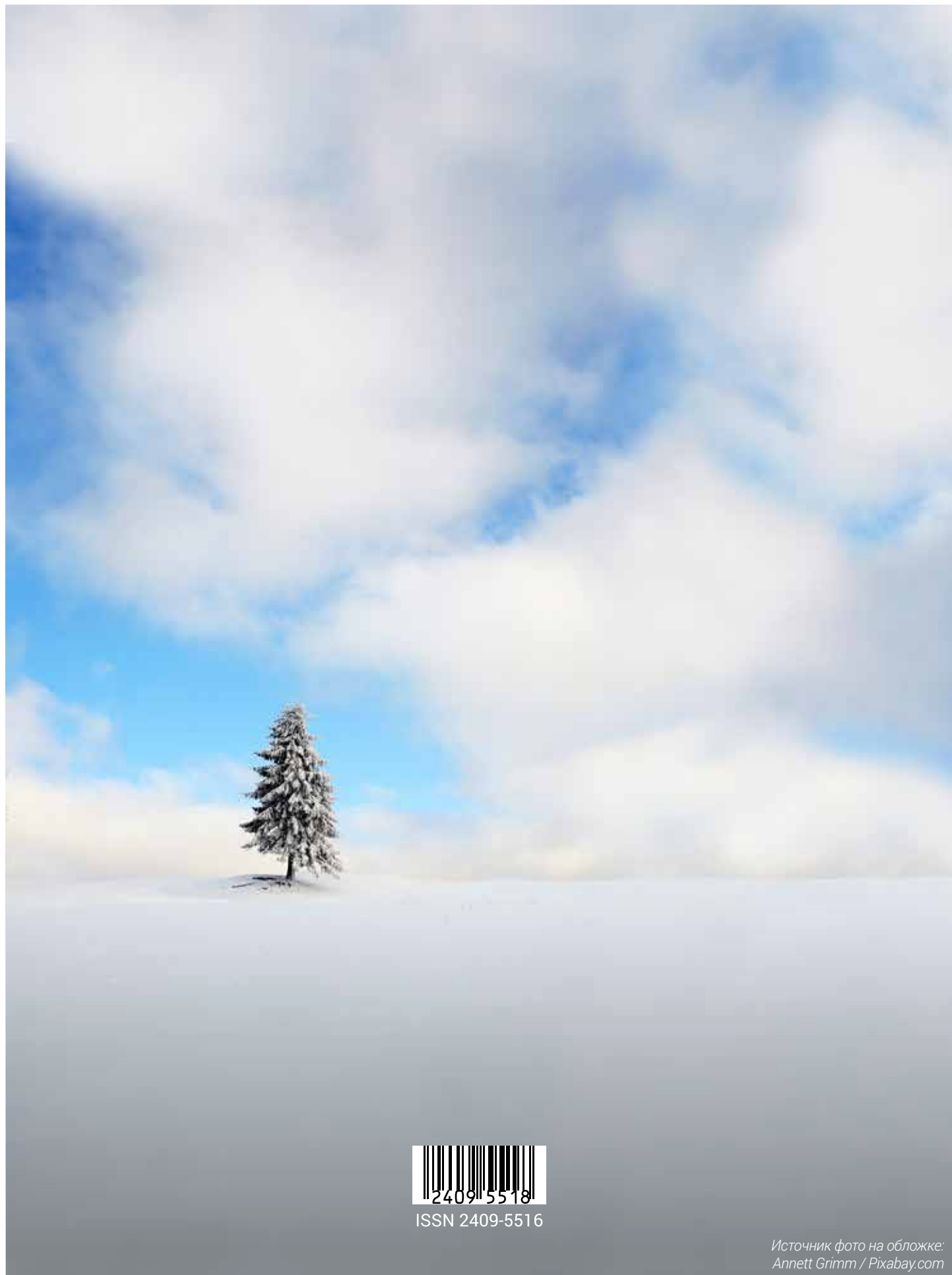
Оформить подписку на журнал «Энергетическая политика» на 2021 год можно через филиалы агентства «Урал-пресс», либо в ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. По вопросам подписки звонить по телефону +7-910-463-53-57. Стоимость подписки на полугодие (6 номеров) составит 10 700 рублей. В каждом номере – аналитические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

energypolicy.ru

НАШИ ПАРТНЕРЫ

 ПРОМСЫРЬЕИМПОРТ





2409-5516

ISSN 2409-5516

Источник фото на обложке:
Annett Grimm / Pixabay.com