

РГАСНТИ 44.09.29

ISSN 2409-5516

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№1(167), январь 2022



Тема номера

**НЕФТЕГАЗОВАЯ ОТРАСЛЬ В УСЛОВИЯХ
ЭНЕРГОПЕРЕХОДА-2021: ОТ ОТКАЗА ДО ВОЗВРАЩЕНИЯ**

КЛЮЧЕВОЕ СОБЫТИЕ ОТРАСЛИ

в центре внимания, в центре Москвы

РЭА МИНЭНЕРГО
РОССИИ



МВА

со специализацией в области возобновляемых источников энергии и новых технологий в энергетике

Подробная информация



Старт в феврале 2022 г.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ ФОРУМ

www.oilandgasforum.ru

19–21 апреля 2022

Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

21-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА НЕФТЕГАЗ-2022



www.neftegas-expo.ru

18–21 апреля 2022



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



ЭКСПОЦЕНТР



12+

Реклама

Содержание

5 Слово редакторов

Нефть

- 6 Л. Федун, А. Сонин.** Перспективы развития мировой и российской энергетики: сценарии до 2050 года
- 20 В. Мартынов, В. Кучеров, В. Бессель, А. Лопатин.** Неорганический синтез нефти как фактор устойчивого развития глобальной энергетики

Газ

- 30 Ю. Ампилов.** Энергетическое развитие Российской Арктики в эпоху энергоперехода
- 44 А. Коробов.** Потенциал участков в Якутии сильно недооценивается, речь идет об открытии новой нефтегазоносной провинции

Регионы

- 50 А. Громов.** Перспективы газовой отрасли Китая: сохранится ли «окно» возможностей для российского сырья?

Энергопереход

- 70 Д. Холкин, И. Чаусов.** Энергетический переход в контексте «Форсайта столетия»
- 82 М. Мурашко.** Углеводородная энергетика России в условиях мировой климатической нейтральности
- 94 А. Мастепанов.** Россия на пути к углеродной нейтральности



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., г. н. с. 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 ФИЭФ
С.П. Филиппов – акад. РАН, д. э. н., директор ИНЭИ РАН
А.Б. Яновский – д. э. н., к. т. н., помощник руководителя администрации президента РФ
П.Ю. Сорокин – заместитель министра энергетики России
О.В. Жданев – к. ф.-м. н., руководитель дирекции технологий ТЭК ФГБУ «РЭА»

Главный редактор

Анна Горшкова

Научный редактор

Виталий Бушуев

Обозреватель
Арсений Погосян

Корректор
Роман Павловский

Фотограф

Иван Федоренко

Дизайн и верстка
Роман Павловский

Адрес редакции:

129085, г. Москва, проспект Мира, д.105, стр. 1
+79104635357
anna.gorshik@yandex.ru

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

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

Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК
При перепечатке ссылка на издание обязательна

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

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов

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

Тираж 1000 экземпляров

Периодичность выхода 12 раз в год

Цена свободная

Отпечатано в «ПБ «Модуль», 115162, Москва, Мытная улица, дом 48, цоколь пом. 2, ком. 1,3

Подписано в печать: 05.01.2022
Время подписания в печать по графику: 13:00
фактическое: 13:00

Contents

5 Editor's column

Oil

- 6 L. Fedun, A. Sonin.** Prospects for the development of global and Russian energy: scenarios to 2050
- 20 V. Martynov, V. Kuchеров, V. Bessel, A. Lopatin.** On the issue of sustainable development of the global energy

Gas

- 30 Y. Ampilov.** Energy development of the Russian Arctic in the era of energy transition
- 44 A. Korobov.** The potential of sites in Yakutia is greatly underestimated, we are talking about the opening of a new oil and gas province

Regions

- 50 A. Gromov.** Prospects for China's gas industry: will the «window» of opportunity for russian gas remain?

Energy transition

- 70 D. Holkin, I. Chausov.** Energy transition in the context of the «Foresight of the Century»
- 82 M. Murashko.** Hydrocarbon energy of Russia in the conditions of global climate neutrality
- 94 A. Mastepanov.** Russia on the way to carbon neutrality

16+



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



Анна ГОРШКОВА
Главный редактор журнала
«Энергетическая политика»

Энергопереход-2021: от заката до рассвета рынка нефти и газа

Почти весь прошлый год аналитики, эксперты, политики, участники рынка, да мы – редакторы журнала «Энергетическая политика», говорили об изменениях климата, активизации энергоперехода и неизбежной эволюции топливно-энергетического комплекса. Никто из нас не ставил крест на нефтегазовой промышленности в ближайшие лет десять, но и не предрекал ей стихийного роста. Энергетический кризис, вспыхнувший осенью прошлого года сразу в нескольких регионах мира, доказал, что рынок углеводородов еще может преподнести инвесторам немало сюрпризов.

Резкий рост спроса на углеводороды на фоне ограниченного предложения и волатильности природы, когда холодная зима сменилась жарким и безветренным летом, взвинтил цены не только на газ, но и на смежные товары: уголь, уран,

электричество, удобрения, продукты и т. д. В Европе и Азии прокатилась волна приостановки работы крупных предприятий-потребителей энергии. США, Япония и ряд других стран заговорили об использовании стратегических резервов нефти для увеличения поставок топлива. Осень 2021 года ознаменовалась поистине триумфальным возвращением углеводородов на мировой энергорынок.

Будет ли этот триумф единичным случаем, вызванным непредсказуемым стечением обстоятельств, или же он обернется устойчивым трендом по сохранению инвестиций в углеводороды, как гарантию безопасности рынка, пока сказать сложно. В первом, январском номере журнала «Энергетическая политика» мы постарались представить разные взгляды на этот вопрос.

Перспективы развития мировой и российской энергетики: сценарии до 2050 года

Prospects for the development of global and Russian energy: scenarios to 2050

Леонид ФЕДУН

Вице-президент по стратегическому развитию ПАО «ЛУКОЙЛ», к. ф. н.
e-mail: develop@lukoil.com

Leonid FEDUN

Vice President for Strategic Development, PJSC LUKOIL,
PhD in Philosophy
e-mail: develop@lukoil.com

Александр СОНИН

Начальник отдела макроэкономического анализа, ПАО «ЛУКОЙЛ»
e-mail: aleksandr.sonin@lukoil.com

Alexander SONIN

Head of the Macroeconomic Analysis Division,
PJSC LUKOIL
e-mail: aleksandr.sonin@lukoil.com

Рост населения и урбанизация будут стимулировать мировой спрос на энергию. Деловой район Парижа Дефанс

Источник:
skyscrapercity.com



Аннотация. Необходимость сокращать выбросы парниковых газов для предотвращения глобального потепления приводит к росту неопределённости относительно будущей конфигурации энергетических рынков. В статье описаны сценарии развития мировой энергетики, позволяющие оценить предполагаемые изменения в мировом энергетическом балансе до 2050 года. В работе также проанализированы угрозы и возможности для энергетического сектора России в условиях структурных изменений в мировой энергетике.

Ключевые слова: мировая энергетика, энергетические рынки, энергетические сценарии, международное сотрудничество, изменение климата, декарбонизация.

Abstract. The need to reduce greenhouse gas emissions to prevent global warming leads to increased uncertainty about the future configuration of energy markets. The article describes scenarios for the development of global energy, allowing to assess the expected changes in the global energy balance until 2050. The paper also analyzes threats and opportunities for the Russian energy sector in the context of structural changes in global energy.

Keywords: global energy, energy markets, energy scenarios, international cooperation, climate change, decarbonization.

//

Несмотря на тренд к увеличению генерации из ВИЭ, на долю ископаемых видов топлива придется 80 % потребления первичной энергии в мире

В настоящее время энергетическая отрасль стоит перед лицом серьезных вызовов, обусловленных, с одной стороны, растущей потребностью населения планеты в доступной энергии, а с другой – необходимостью снижать негативное воздействие энергетического сектора на климат. Глобальное изменение климата является одной из наиболее важных проблем для мирового сообщества. На протяжении многих десятилетий рост потребления энергии был неразрывно связан с увеличением выбросов углекислого газа, который способствует нагреву атмосферы планеты. Сохранение тенденции к росту антропо-



Большинство жителей Африки до сих пор не имеют доступа к электричеству

Источник: neilbrander.myportfolio.com

генных выбросов парниковых газов будет сопровождаться подъемом уровня Мирового океана, интенсификацией ураганной активности и таянием вечной мерзлоты, то есть колоссальными потерями для человечества.

Новым вызовом для мировой экономики стала пандемия COVID-19. В результате вводимых карантинных ограничений, в 2020 году резко снизился спрос на основные энергоносители. Однако уже в 2021 году, во многом благодаря программам по вакцинации населения, спрос на энергетические товары начал быстро восстанавливаться. На многих энергетических рынках наблю-



Нефтяное месторождение им. Филановского на Каспии

Источник: punkt-a.info

дался рост цен из-за неспособности производителей обеспечить достаточное предложение энергии в короткие сроки.

Несмотря на глобальную тенденцию к увеличению генерации электроэнергии из возобновляемых источников энергии (ВИЭ), на долю ископаемых видов топлива приходится более 80 % потребления первичной энергии в мире. Ситуация с резким ростом цен на газ в Европе в 2021 году ярко свидетельствует о том, что зависимость промышленно развитых стран от ископаемых энергоресурсов остаётся высокой.

Прошедшая в ноябре 2021 года международная климатическая конференция COP26 в Глазго показала, насколько слож-

но мировому сообществу достичь согласия по ряду ключевых вопросов, в частности по вопросам вывода из эксплуатации объектов угольной генерации, необходимости сокращения эмиссий метана и вырубки лесов. Тем не менее, по некоторым важным направлениям климатической политики был достигнут существенный прогресс. Были согласованы механизмы международной торговли углеродными единицами в рамках статьи 6 Парижского соглашения, что, как ожидается, должно привести к усилению взаимодействия между странами для достижения климатических целей.

Обозначенные события, тенденции и вызовы создают значительную неопределённость относительно будущих изменений в мировой энергетике. Предсказать как будут развиваться события на энергетических рынках, очевидно, невозможно. Однако можно попытаться системно подойти к анализу трендов, которые сейчас отчетливо наблюдаются. В данной статье предпринята попытка кратко изложить видение компании «ЛУКОЙЛ» относительно будущего энергетических рынков. Более подробно с прогнозами «ЛУКОЙЛ» можно ознакомиться в отчете «Перспективы развития мировой энергетике до 2050 года» [1], опубликованном на официальном сайте компании.

Ключевые проблемы развития мировой энергетики

Исторически рост потребления энергии был неразрывно связан с такими глобальными тенденциями как рост населения, урбанизация и формирование потребительского класса в развивающихся странах. Мы ожидаем, что эти тенденции будут сохраняться. По расчетам Организации Объединенных Наций (ООН), мировое население увеличится на 2 миллиарда человек к 2050 году [2]. При этом потребительский класс будет расти еще более высокими темпами. По нашим оценкам, за период с 2020 по 2050 годы прирост потребительского класса составит около 3 миллиардов человек. Все эти люди будут предъявлять дополнительный спрос на энергию.

Доступ к энергии является необходимым условием для роста мировой экономики. Как правило, чем выше уровень экономического развития страны, тем выше уровень потребления энергии на человека, с поправкой на региональную специфику, климат и обеспеченность ресурсами.

Мы живем в эпоху глобального энергетического неравенства. На долю населения развитых стран приходится более

Во всех рассматриваемых энергетических сценариях ожидается рост потребления первичной энергии. При этом топливный баланс будет постепенно смещаться в сторону увеличения доли ВИЭ

трети мирового потребления первичной энергии. При этом почти один миллиард людей на планете не имеет доступа к электроэнергии. По оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), в 2020 году из-за пандемии около 90 млн человек лишились возможности платить за электроэнергию в необходимом объеме [3]. Разрыв в потреблении энергии на человека между развитыми и развивающимися странами остается высоким, несмотря на некоторое сокращение в последнее десятилетие.

Повышение потребления энергии в развивающихся странах при использо-

Южно-Хыльчунское нефтегазовое месторождение

Источник: m@kar / my.mail.ru

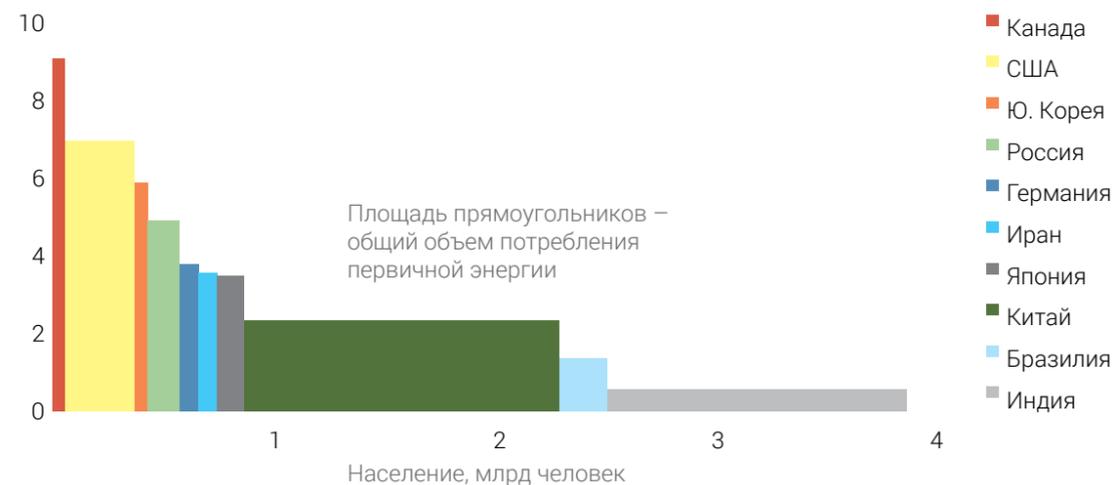


Результаты моделирования энергорынков свидетельствуют о том, что одновременно повысить доступ к энергии в развивающихся странах и сократить выбросы CO₂ – крайне сложная задача

Прогнозы, утверждавшие, что пик потребления нефти был пройден в 2019 году, не оправдались. Спрос на жидкие углеводороды к концу 2021 года практически достиг допандемийного уровня

вании традиционных технологий, основанных на сжигании ископаемых топлив, неминуемо приведет к росту выбросов парниковых газов. В то же время многие развивающиеся страны после подписания Парижского соглашения заявили о готовности сокращать свои эмиссии парниковых газов вплоть до достижения углеродной нейтральности. Результаты моделирования энергетических рынков, полученные в компании «ЛУКОЙЛ», свидетельствуют о том, что одновременно повысить доступ к энергии в развивающихся странах и сократить выбросы парниковых газов – крайне сложная задача, требующая прорывных технологических решений.

Рис. 1. Потребление первичной энергии на человека по странам в 2019 году, т. н. э.



Источник:
Our World in Data

Энергетические сценарии

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

В настоящее время в компании «ЛУКОЙЛ» применяются три энергетических сценария: «Эволюция», «Равновесие» и «Трансформация». Сценарий «Эволюция» предполагает поступательное изменение энергетических рынков в рамках действующей международной климатической политики и национальных программ с учетом существующих технологических возможностей отдельных стран. Отличительной особенностью данного сценария является высокий уровень доступности энергии для потребителей. Однако умеренная скорость



Нефтехимический комплекс «Ставролен» в Буденновске

Источник: budmuzeum.ru

структурных изменений энергетики в сценарии «Эволюция» не позволяет достичь цели Парижского соглашения по удержанию глобальной температуры существенно ниже 2 °С по сравнению с доиндустриальной эпохой – рост медианной температуры в сценарии «Эволюция» составляет 2,6 °С. В сценарии «Равновесие» соблюдается баланс между достижением климатических целей и развитием экономики. Цель Парижского соглашения выполняется, но энергия становится существенно дороже для потребителей. В основе сценария «Трансформация» лежит предположение о радикальной перестройке мировой энергетики и промышленности для достижения углеродной нейтральности ведущими экономиками к 2050 году, что соответствует цели по ограничению роста глобальной температуры в пределах 1,5 °С. Сценарий «Трансформация» также предполагает усиление международного сотрудничества и снятие ограничений на финансирование климатических проектов. Однако, даже с учетом данной предпосылки, энергия в сценарии «Трансформация» становится дороже для потребителей, чем в других сценариях.

Во всех рассматриваемых сценариях ожидается рост потребления первичной энергии. При этом топливный баланс будет постепенно смещаться в сторону увели-

чения доли возобновляемых источников энергии. Главное отличие сценариев – скорость, с которой будут происходить изменения энергетического баланса. Ожидается, что основной прирост генерирующих мощностей будут обеспечивать солнечные и ветровые электростанции. Угольная генерация будет постепенно выводиться из эксплуатации. Все это будет способствовать сокращению выбросов парниковых газов в энергетическом секторе. Важную роль в сценариях играет применение технологий по улавливанию, утилизации и хранению CO₂, а также использование естественных поглотителей углекислого газа, таких как леса и болота.

Если в 2020 году доля солнечной и ветровой энергии в структуре генерации составляла 8%, то к 2050 году, по нашим оценкам, этот показатель увеличится до 40–60% в зависимости от сценария

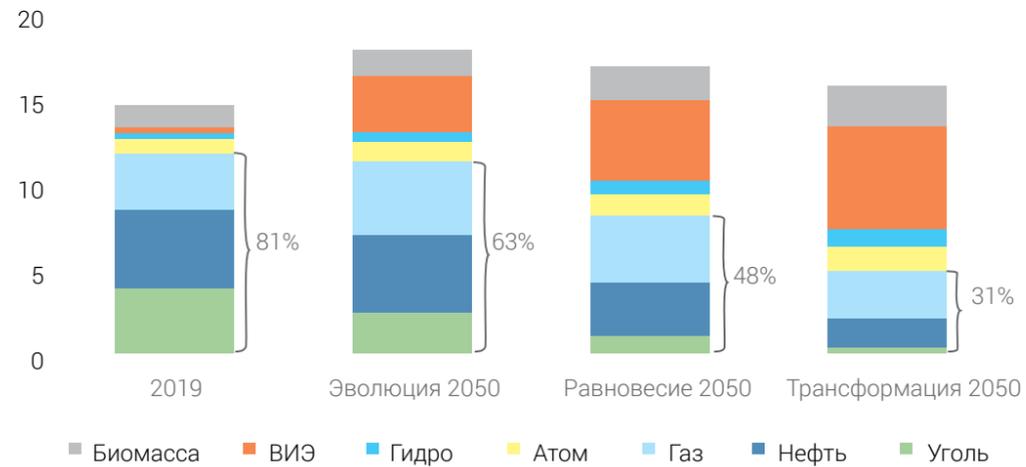


Рис. 2. Прогнозы мирового потребления первичной энергии, млрд т н. э.

Источник:
оценки ПАО «ЛУКОЙЛ»

Будущее углеводородов

Сейчас очевидно, что прогнозы, утверждавшие, что пик потребления нефти был пройден в 2019 году, не оправдались. Спрос на жидкие углеводороды по состоянию на конец 2021 года практически достиг допандемийного уровня. Ожидается, что восстановление авиасообщения приведет к дополнительному росту потребления углеводородов.

Долгосрочная динамика спроса на жидкие углеводороды будет во многом зависеть

от скорости структурных изменений мирового автопарка, в особенности от динамики продаж электрических автомобилей. По состоянию на 2020 год суммарный парк легковых и грузовых автомобилей насчитывал около 1,5 миллиарда единиц. Из них 99% – это автомобили с двигателем внутреннего сгорания. Мы наблюдаем высокие темпы роста продаж электрических автомобилей на рынках Китая, США и Европы, благодаря политике по декарбонизации транспортного сектора, которая проводится в этих странах. По предварительным оценкам, в 2021 году

Двигатели внутреннего сгорания еще долго будут сохранять свои позиции.
DВС Benetton b191b

Источник:
wallup.net



в мире продано около 6 миллионов электромобилей [4]. Тем не менее, замещение существующего автопарка, состоящего преимущественно из автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, электромобилями займет длительное время. В сценарии «Эволюция» доля электромобилей в общем автопарке увеличится с текущего 1 до 35% к 2050 году, то есть даже в 2050 году большую часть автопарка будут составлять автомобили с двигателем внутреннего сгорания.

Мы ожидаем, что электрический транспорт будет продолжать активно развиваться, однако это не значит, что эпоха традиционных автомобилей скоро закончится. Дело в том, что экологичность электромобилей вызывает определенные вопросы. Электромобиль в Китае, где высока доля угля в энергетическом балансе, будет иметь примерно такой же углеродный след как гибридный автомобиль с двигателем внутреннего сгорания в Европе за весь жизненный цикл. Кроме того, сейчас нет достаточного понимания, как будет работать система утилизации батарей, какова будет ее эффективность и сколько потребуются инвестиций на ее создание.

Стоимость владения также может стать существенным препятствием для распространения электромобилей. В долгосрочной перспективе стоимость владения электромобилем будет увеличиваться из-за роста цен на металлы и электроэнергию. В определенных рыночных условиях, как, например, во второй половине 2021 года в Европе, электроэнергия может обходиться потребителям дороже, чем традиционные моторные топлива, особенно при быстрой зарядке электромобиля.

По нашим оценкам, транспортный сектор сохранит преобладание в структуре спроса на жидкие углеводороды. Рост потребления нефтепродуктов со стороны авиации и морских перевозок будет частично компенсировать сокращение потребления моторных топлив в дорожном транспорте. Нефтехимическая промышленность будет также оказывать поддержку спросу. Таким образом, мы ожидаем, что потребление жидких углеводородов будет оставаться стабильным как минимум до 2030 года.

Что касается предложения жидких углеводородов, то здесь наблюдается устойчивая тенденция к сокращению инвестиций в проекты по геологоразведке и добыче. Если в 2014 году объем инвестиций в нефтяную отрасль превышал 600 миллиар-

дов долларов, то в 2021 году инвестиции составили менее 300 миллиардов долл., т. е. сокращение более чем в 2 раза. Отчасти сокращение инвестиций обусловлено оптимизацией затрат по новым проектам. Однако существенная часть сокращений связана с переносами или отказами от реализации проектов.

Ситуация усугубляется тем, что большее количество месторождений нефти находится на поздних стадиях разработки и имеет падающий профиль добычи. В отсутствие инвестиций предложение жидких углеводородов будет ежегодно сокращаться темпом 4–5%. Для поддержания добычи необходимы инвестиции, причем потребность в инвестициях сохраняется даже в условиях замедляющейся динамики спроса, как в сценарии «Трансформация».

Леса являются поглотителями CO₂, в том числе выбрасываемого нефтяной промышленностью
Источник: lukoil.ru



Однако далеко не все проекты будут востребованы рынком в условиях замедления темпов роста или сокращения спроса. В первую очередь инвестиционную привлекательность будут иметь проекты с низкой себестоимостью добычи. Значительная часть дорогостоящих запасов, включая арктический шельф, битуминозные пески и тяжелые нефти, может остаться неосвоенной. Кроме того, в настоящее время важным фактором конкурентоспособности проекта в нефтедобыче становится его углеродный след. В этом отношении проекты, реализуемые в России, обладают хорошими перспективами, так как многие

транспортного сектора потребует строительства новых генерирующих мощностей, часть из которых будет газовой. В-третьих, природный газ может использоваться как сырье для производства низкоуглеродного водорода. Для обеспечения растущего спроса на газ будут необходимы инвестиции в новые газовые проекты.

Цена альтернативной энергии

На протяжении последнего десятилетия стоимость электроэнергии из возобновляемых источников неуклонно снижалась. Если ориентироваться на показа-

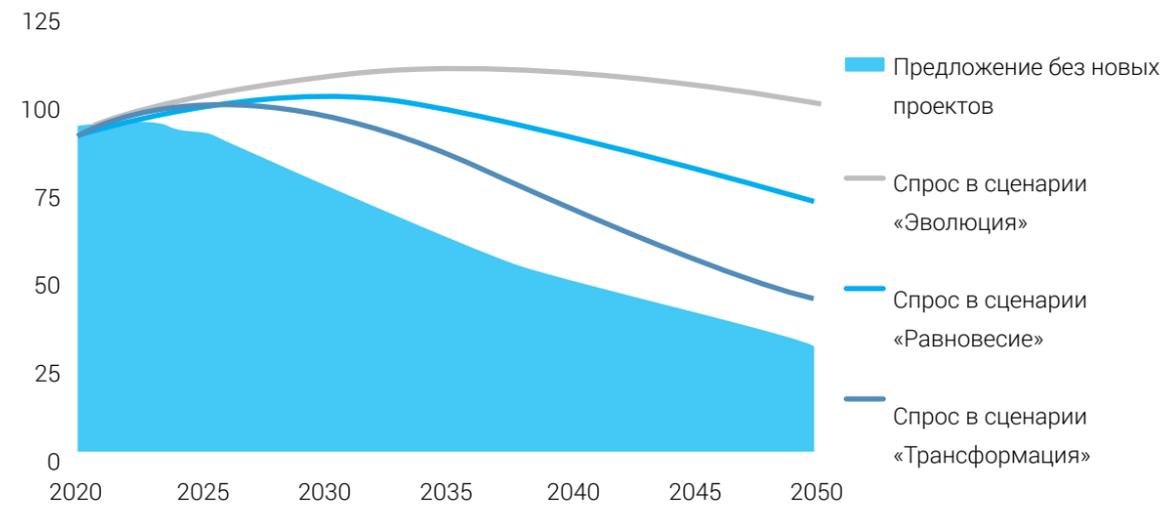


Рис. 3. Мировой спрос и предложение жидких углеводородов (без новых проектов), млн барр./сут.

Источник:
оценки ПАО «ЛУКОЙЛ»

из них имеют достаточно низкий уровень углеродной интенсивности. Основная часть проектов с низкой себестоимостью добычи и низким углеродным следом находится в странах-участниках соглашения ОПЕК+, поэтому логично ожидать, что доля данной группы стран в мировой добыче будет со временем увеличиваться.

Спрос на газ в среднесрочной перспективе будет демонстрировать более высокие темпы роста, чем спрос на жидкие углеводороды. Этому есть несколько объективных причин. Во-первых, углеродоёмкость природного газа существенно ниже, чем у нефти и угля, что будет стимулировать использование газа странами, нацеленными на сокращение выбросов парниковых газов. Во-вторых, электрификация

нормированной стоимости энергии (LCOE – Levelized Cost of Energy), который учитывает капитальные затраты и рентабельность для различных способов производства электроэнергии, то можно прийти к выводу, что электроэнергия, вырабатываемая современными ВИЭ, является самой дешевой во многих странах. Однако, это не совсем верно. Когда речь идет о значительных объемах генерации, неминуемо возникает вопрос относительно стабильности работы энергетических систем с высокой долей ВИЭ в энергетическом балансе. Поскольку выработка электроэнергии из ВИЭ сильно варьируется во времени, требуются специализированные системы хранения и распределения энергии для того, чтобы обеспечивать вы-

работку электроэнергии в соответствии с динамикой спроса. Стоимость промышленных аккумуляторов снижается, но их использование в связке с современными ВИЭ все еще менее эффективно, чем производство электроэнергии из ископаемых топлив. Высокая стоимость систем хранения энергии может выступать сдерживающим фактором, ограничивающим возможности интеграции современных ВИЭ в энергетические системы.

Мы ожидаем, что потребление энергии из ВИЭ будет расти высокими темпами, во многом благодаря климатической политике ведущих индустриальных стран. Солнечные и ветровые электростанции будут обеспечивать основной прирост генерирующих мощностей в ближайшие десятилетия. Если в 2020 году доля солнечной и ветровой энергии в структуре генерации составляла 8%, то к 2050 году, по нашим оценкам, этот показатель увеличится до 40–60% в зависимости от сценария.

Для декарбонизации энергетического сектора недостаточно просто увеличить долю ВИЭ в энергетическом балансе. Необходимы инвестиции в системы хранения и распределения энергии, электрификацию промышленности и транспорта, производство и потребление низкоуглеродных топлив (водорода и биотоплив), повышение энергоэффективности, улавливание, утилизацию и хранение CO₂. В сценарии «Эволюция» среднегодовые инвестиции в низкоуглеродную энергетику должны

Доля ветрогенерации будет расти

Источник: pexels.com



Для обеспечения окупаемости инвестиций в сценарии «Эволюция» средняя цена CO₂ в мире должна составлять 50 долларов за тонну, а в сценарии «Трансформация» – 200 долларов за тонну

увеличиться в два раза по сравнению с текущим уровнем, тогда как сценарий «Трансформация» предполагает десятикратный рост инвестиций. Возникает вопрос, как будет обеспечиваться окупаемость этих инвестиций?

Один из возможных путей повышения рентабельности проектов по декарбонизации – введение платы за CO₂. Плата за CO₂ может определяться по результатам рыночных торгов, как это уже происходит во многих европейских странах. По нашим оценкам, для обеспечения окупаемости инвестиций в сценарии «Эволюция» средняя цена CO₂ в мире должна составлять 50 долларов за тонну CO₂-экв. в постоянных ценах, а в сценарии «Трансформация» – 200 долларов за тонну CO₂-экв. В случае введения платы за CO₂ экономика проектов по декарбонизации улучшится, но стои-

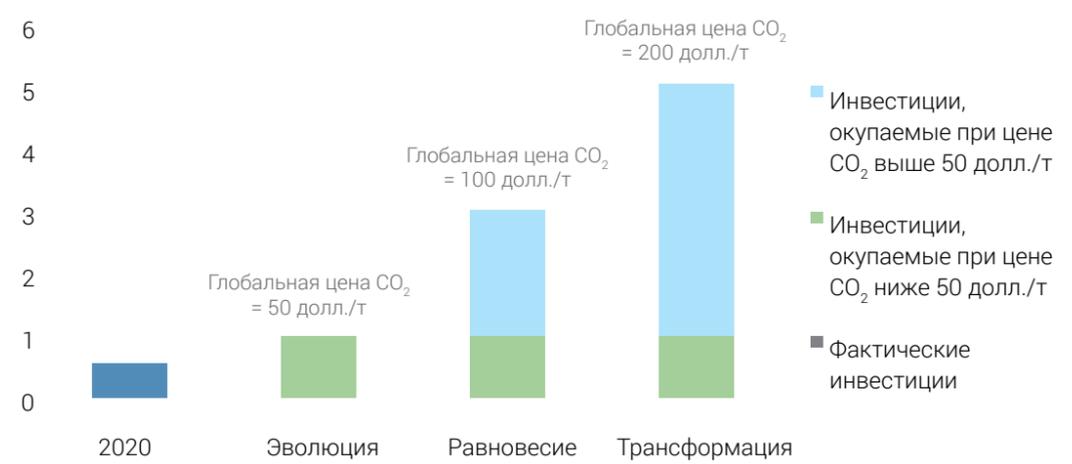


Рис. 4. Среднегодовые инвестиции в низкоуглеродную энергетику за 2021–2050 годы, трлн долл. 2020 года

Источник: оценки ПАО «ЛУКОЙЛ»

мость энергии для конечных потребителей возрастет. Нехватка ряда критических сырьевых товаров для низкоуглеродной энергетики может также способствовать росту инфляции. По оценкам МЭА, в сценарии нулевых выбросов (NZE) спрос на металлы и сырьевые товары, необходимые для развития низкоуглеродной энергетики, вырастет почти в шесть раз к 2050 году [5]. Таким образом, мы полагаем, что стоимость энергии для конечных потребителей будет в высокой степени зависеть от темпов, с которыми будет происходить процесс внедрения низкоуглеродных технологий в энергетике.

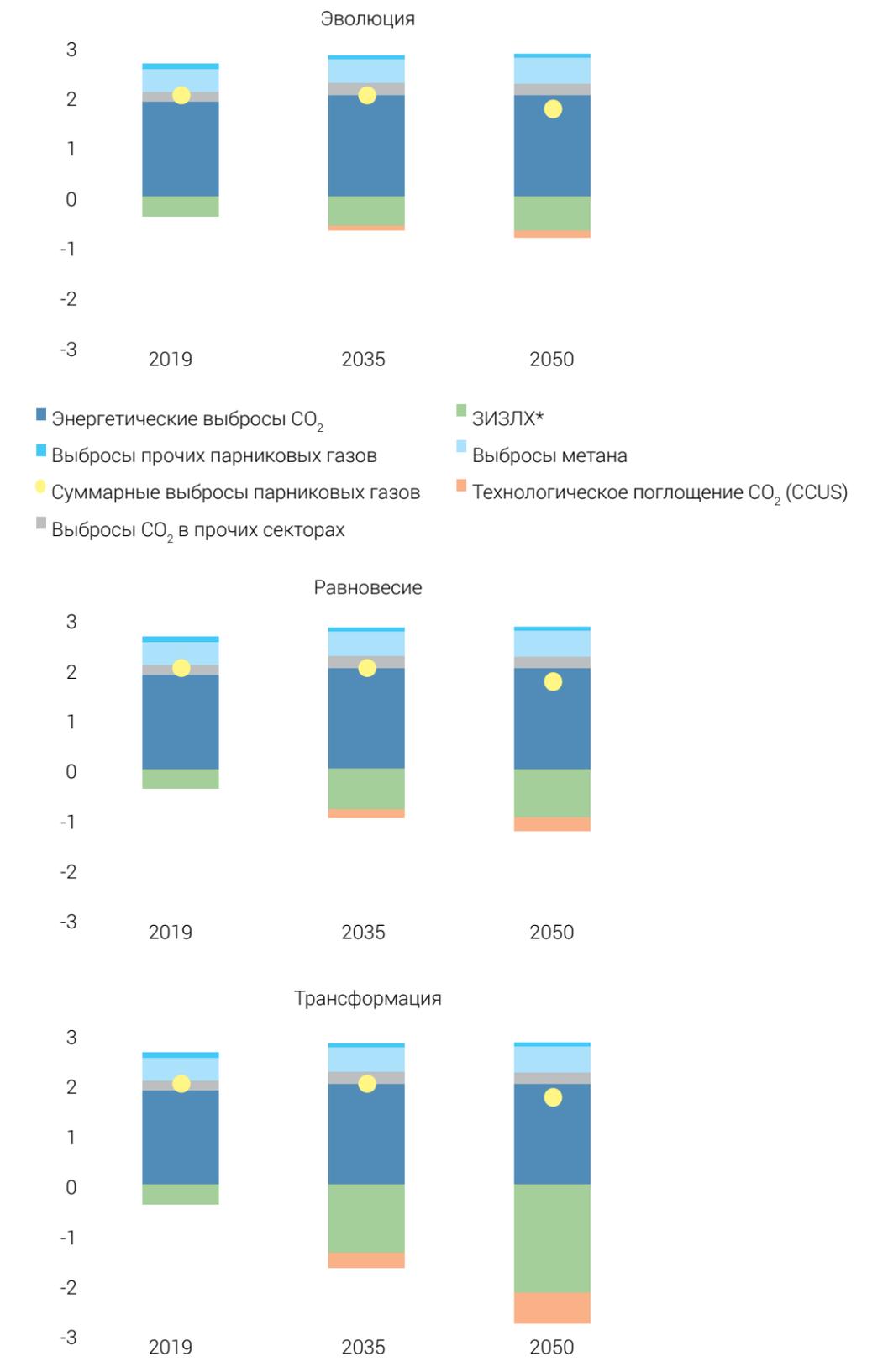
Энергетика России на пути к декарбонизации

Россия является крупным производителем и потребителем энергии. В 2019 году объем потребления первичной энергии в России составлял около 770 млн т н. э. – это примерно 6 % от мирового значения [6]. Ископаемые топлива традиционно доминируют в структуре энергетического баланса России. Не удивительно, что энергетический сектор является основным источником выбросов парниковых газов – на долю энергетического сектора приходится три четверти суммарных выбросов парниковых газов в России. После 1990 года выбросы парниковых газов в России снизились более чем в два раза, что связано как с сокращением объ-

емов неэффективного производства, так и с модернизацией оборудования на предприятиях. При этом российские власти нацелены на дальнейшее сокращение эмиссий, оказывающих негативное влияние на климат. В 2019 году Россия ратифицировала Парижское соглашение по климату, а в 2021 году объявила долгосрочную цель по достижению углеродной нейтральности к 2060 году или ранее. Амбициозная долгосрочная цель по декарбонизации экономики России требует новых подходов к развитию энергетического сектора. На наш взгляд, необходимо в первую очередь развивать те направления, которые являются экономически эффективными и не требуют значительной государственной поддержки. Речь идет, прежде всего, о повышении эффективности использования энергии, связанном с модернизацией промышленного оборудования, сокращением энергетических потерь, использованием энергосберегающих технологий при строительстве зданий. По нашим оценкам, потенциал сокращения эмиссий за счет повышения энергоэффективности составляет около 800 млн т CO₂-экв. к 2050 году. Чтобы добиться полной декарбонизации российской экономики необходимо развивать и другие направления, требующие некоторой поддержки со стороны государства на начальном этапе. Россия обладает всеми необходимыми ресурсами для производства энергии из возобновляемых источников, а также низкоугле-

Рис. 5. Структура выбросов парниковых газов в России, млрд т CO₂-экв.

Источник: оценки ПАО «ЛУКОЙЛ»



* ЗИЗЛХ – сокр. землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство.

родного водорода. Увеличение доли ВИЭ в энергетическом балансе России может происходить постепенно, по мере необходимости замены генерирующего оборудования и снижения стоимости использования низкоуглеродных технологий.

Немаловажную роль в сценариях развития энергетики России играют технологии поглощения углекислого газа. Россия обладает самым высоким в мире потенциалом по захоронению CO₂, который оценивается

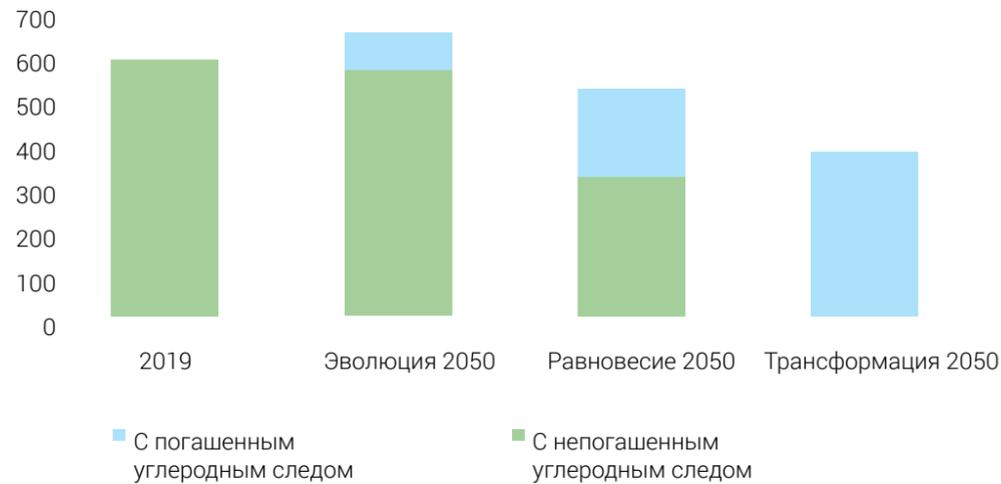


Рис. 6. Экспорт российских углеводородов по сценариям, млн т н. э.

Источник:
оценки ПАО «ЛУКОЙЛ»

в 1000–1200 млрд т CO₂ в нефтегазовых залежах и водоносных горизонтах [7]. Сокращение эмиссий от реализации проектов по улавливанию, утилизации и захоронению CO₂ в России может составить 100–500 млн т CO₂ к 2050 году. Наиболее очевидный способ повысить инвестиционную привлекательность подобных проектов – использовать CO₂ для повышения нефтеотдачи пласта при добыче углеводородов.

Кроме того, Россия занимает первое место в мире по площади лесов, которые являются естественными поглотителями углекислого газа. По состоянию на 2019 год поглощающая способность российских лесов оценивалась в 535 млн т CO₂-экв. Согласно существующим оценкам, поглощающая способность российских лесов может быть увеличена до 2,2 млрд т CO₂-экв. за счет более полного учета лесного фонда и реализации проектов в области лесного хозяйства.

На наш взгляд, системная работа по всем обозначенным направлениям позволит России достичь углеродной нейтральности к 2060 году. Более того, при наличии мощных экономических стимулов для реализации проектов по декарбонизации Россия может стать нетто поглотителем углекислого газа. Сценарий «Трансформация» предполагает достижение отрицательного уровня эмиссий в России на горизонте до 2050 года.

Возможности для нефтегазового сектора России

Нефтегазовый сектор является крупным эмитентом парниковых газов в России. Значительный объем выбросов парниковых газов в нефте- и газодобыче связан с утечкой и технологическими потерями метана, а также выбросами CO₂ от сжигания попутного нефтяного газа (ПНГ) на факелах. Проблеме сжигания ПНГ в отрасли традиционно уделяется значительное внимание. Был принят соответствующий закон, стимулирующий добывающие компании повышать уровень утилизации ПНГ. В результате уровень утилизации ПНГ вырос с 59 % в 2010 году до 83 % в 2020 году в среднем по отрасли. Однако это далеко не предел. Компания «ЛУКОЙЛ», в частности, увеличила показатель утилизации ПНГ с 77 до 97,8 % за аналогичный период. Значительно

меньше внимания уделяется эмиссиям метана, несмотря на то, что на столетнем горизонте парниковая активность метана в 28 раза сильнее, чем у углекислого газа. При этом существуют экономически эффективные способы сократить эмиссии метана даже в отсутствие дополнительных стимулов со стороны государства. Только в последние несколько лет российские компании начали обращать внимание на данную проблему и ставить перед собой долгосрочные цели по снижению выбросов метана. Поэтому в нефтегазовой отрасли России сохраняется высокий потенциал по сокращению собственных прямых эмиссий.

Россия является крупнейшим экспортером энергоносителей. В среднесрочной перспективе нет достаточных оснований считать, что энергетический экспорт из России снизится, поскольку российские углеводороды являются в высокой степени конкурентоспособными на мировом рынке как с точки зрения себестоимости производства, так и с точки зрения углеродного следа. Потребление российских углеводородов за пределами России создает значительный объем эмиссий. Однако эти эмиссии можно компенсировать. Повышение поглощающей способности российских экосистем позволит компенсировать не только выбросы внутри России, но и погасить углеродный след от экспортных поставок энергоносителей. Согласование правил международного взаимодействия в рамках статьи 6 Парижского соглашения на Климатической конференции COP26 является важным шагом по развитию международной торговли эмиссиями. Благодаря наличию значительного потенциала по реализации проектов в области декарбонизации, Россия может занять 30–40 % международного рынка углеродных единиц.

Важную роль в укреплении позиции России на международном рынке эмиссий могут сыграть предприятия нефте-

газового сектора. Российские экспортеры углеводородов способны значительно снизить эмиссии у зарубежных потребителей своей продукции за счет продажи эмиссионных сертификатов. Цены на продукцию нефтегазового сектора с погашенным углеродным следом будут сильно зависеть от затрат, необходимых на реализацию климатических проектов. Однако, по нашим оценкам, затраты на реализацию подобных проектов в России могут быть существенно ниже, чем в других странах. Сейчас на международном рынке уже появляются партии углеводородов с погашенным углеродным следом. Мы ожидаем, что данное направление продолжит активно развиваться в ближайшие годы.

Заключение

Энергетические сценарии, разработанные компанией «ЛУКОЙЛ», демонстрируют, насколько сложной задачей является одновременно обеспечить доступность энергии для потребителей и при этом значительно сократить выбросы парниковых газов в энергетическом секторе. По нашим оценкам, в перспективе ближайших 30 лет спрос на углеводороды будет сохраняться даже в сценариях, предполагающих быстрое развитие ВИЭ. Поэтому для достижения целей, обозначенных в Парижском соглашении по климату, потребуется использовать технологии поглощения углекислого газа, как промышленные, так и природные. Россия может сыграть особую роль в достижении глобальной цели по сокращению эмиссий парниковых газов, поскольку поглощающая способность российских экосистем позволяет не только компенсировать выбросы внутри страны, но и погасить углеродный след от экспортных поставок энергоносителей, то есть обеспечить сокращение эмиссий у торговых партнеров России.

Использованные источники

1. Перспективы развития мировой энергетики до 2050 года. – URL: <https://lukoil.ru/Business/Futuremarketrends>
2. UN World Population Prospects 2019. – URL: <https://population.un.org/wpp/>
3. World Energy Outlook 2021, IEA, October 2021, p. 175. URL: <https://www.ev-volumes.com/>
4. World Energy Outlook 2021, IEA, October 2021, p. 272. URL: <https://www.iea.org/countries/russia>
5. CCUS: Монетизация выбросов CO₂, VYGON Consulting, август 2021 г. С. 4. – URL: <https://vygon.consulting/products/issue-1911/>

Неорганический синтез нефти как фактор устойчивого развития глобальной энергетики

On the issue of sustainable development of the global energy

Виктор МАРТЫНОВ
Ректор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д. э. н.
e-mail: v.martynov@gubkin.ru

Victor MARTYNOV
Doctor of Economics, Rector of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas
e-mail: v.martynov@gubkin.ru

Владимир КУЧЕРОВ
Профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, доцент Королевского технологического института, д. ф.-м. н.
e-mail: vladimir@flotten.se

Vladimir KUCHEROV
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas Associate Professor, Royal Institute of Technology (Stockholm, Sweden)
e-mail: vladimir@flotten.se

Валерий БЕССЕЛЬ
Исполнительный вице-президент ООО «НьюТек Сервисез», профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, к. т. н.
e-mail: vbessel@nt-serv.com

Valery BESSEL
Ph.D., Executive Vice President of NewTech Services (LLC) (Russia), Professor of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas
e-mail: vbessel@nt-serv.com

Алексей ЛОПАТИН
Зав. кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д. т. н.
e-mail: lopatin.a@gubkin.ru

Alexey LOPATIN
Doctor of Technical Sciences, Head. Department of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas
e-mail: lopatin.a@gubkin.ru

Аннотация. Не вызывает сомнения тенденция постоянного повышения энергопотребления в XXI веке, что связано как с ростом населения Земли, так и с увеличением потребления энергии на душу населения. При этом, тепловая энергетика, базирующаяся на сжигании органического топлива, в ближайшие 30–40 лет будет по-прежнему доминировать в мировом энергетическом балансе, хотя ее доля и будет постепенно снижаться при возрастании доли возобновляемых источников энергии. Подготовку среднесрочных и долгосрочных прогнозов развития мировой энергетики и энергетики России невозможно осуществить без понимания природы происхождения углеводородов. Сколь велики запасы углеводородов на нашей планете? Конечны ли эти запасы? Эти и многие другие вопросы обсуждаются в данной работе, основанной на исследованиях, проводимых совместно РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина и Королевским технологическим институтом (Стокгольм, Швеция). *Ключевые слова:* мировая энергетика, возобновляемые источники энергии, углеводородное сырье, геологические ресурсы, концепция абиогенного происхождения углеводородов.

Abstract. There are no doubts that there is a tendency for a constant increase in energy consumption in the 21st century, which is associated with both an increase in the world's population and an rise in energy consumption per capita. At the same time, thermal energy based on the combustion of fossil fuels will continue to dominate the global energy balance in the next 30–40 years medium term, although its share will gradually decrease with an increase in the share of renewable energy sources. It is impossible to draw up medium-term and long-term forecasts for the development of world energy and energy in Russia without understanding the nature of the origin of hydrocarbons. How large are hydrocarbon reserves on our planet? Are these stocks limited? These and many other issues are discussed in this work, based on research carried out jointly by the Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I. M. Gubkin and Royal Institute of Technology (Stockholm, Sweden).

Keywords: world energy, renewable energy sources, hydrocarbons, geological resources, the concept of abiogenic origin of hydrocarbons.

Введение

Одним из главных критериев развития глобальной энергетической системы является критерий ее устойчивости. Многие исследователи и политические деятели ставили знак равенства между устойчивой энергетикой и возобновляемыми источниками энергии, в основном, ветровой и солнечной энергетикой. Однако всего лишь одна очень холодная зима 2021 года в Европе в сочетании с длительным периодом безветрия показали, насколько ошибочна такая точка зрения. Разразившийся в начале осени 2021 г. и продолжающийся по сей день в Европе энергетический кризис привел к существенному росту стоимости электроэнергии в этом регионе. Основной причиной этого кризиса, по мнению авторов, является неверная энергетическая политика Брюсселя, направленная на лоббирование «зеленого курса» развития энергетики, отказ от атомной энергетики, постепенное

//

С 1980 по 2019 гг. производство энергии в мире выросло в 2 раза – с 6,6 до 13,8 млрд т н. э. Рост наблюдался для всех видов энергии



Темпы роста потребления энергии почти в 1,4 раза превышают темпы роста населения планеты

Источник:

RealityImages / depositphotos.com

сокращение использования природного газа при слишком быстром развитии нестабильной ветроэнергетики и солнечной энергетики. Похоже, что руководители Европейского содружества начали понимать свои ошибки. Так, например, президент Европейской комиссии Урсула фон дер Ляйен, выступая 22 октября 2021 г. на саммите в Брюсселе, признала, что Европе также нужны стабильные источники – ядерная энергетика, а в переходный период – газ [1].

Да, будущее мировой энергетики сложно представить без возобновляемых источников энергии. Однако, утверждения о скором полном переходе мировой энергетики на ветровую, солнечную, геотермальную

энергию, озвучиваемые в основном политическими и общественными деятелями, не имеют под собой серьезного основания. На современном технологическом этапе развития энергетика в определяющей степени зависит от добычи и потребления органического топлива, к которому относятся природный газ, нефть и уголь, причем на долю органического топлива приходится более 80 % потребляемой энергии в мире. В настоящее время не существует других источников энергии, которые могли бы конкурировать с органическим топливом по доступности, степени распространения и эффективности [2].

Одной из наиболее обсуждаемых проблем в последнее время стало предсказание конца нефтегазовой эры. Это связывают как с широким комплексом экологических, климатических, экономических и политических факторов, так и с исчерпаемостью нефтегазовых запасов.

Сколь велики запасы углеводородов на нашей планете? Конечны ли эти запасы? Эти вопросы обсуждаются в статье, основанной на совместных исследованиях РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина и Королевского технологического института (Стокгольм, Швеция), связанных с генезисом углеводородов, анализом производства, потребления, распределения и разви-

Всего лишь одна очень холодная зима в Европе в сочетании с длительным периодом безветрия показали, насколько ошибочна точка зрения о том, что устойчивая энергетика и ВИЭ – синонимы

тия основных энергетических ресурсов как в мире в целом, так и в России [2–5 и др.].

Структура глобальной энергетической системы

В период с 1980 по 2019 гг. производство энергии в мире выросло в 2,09 раз – с 6,604 до 13,781 млрд т н. э. Устойчивый рост наблюдался для всех видов энергии, что отражено на диаграмме, приведенной на рис. 1 [6].

За последние четыре десятилетия темп роста потребления энергии почти в 1,4 раза превысил темп прироста населения Земли и, судя по всему, эта тенденция будет сохраняться в среднесрочной перспективе. Это является следствием развития технологических укладов, повышения уровня энергетического комфорта и связанного с этим опережающего роста энергопотребления [2].

В настоящее время нефть и природный газ являются основными энергетическими ресурсами. Доля углеводородного сырья в глобальном энергетическом балансе в 2020 г. превысила 30 %, причем за последние 20 лет (с 2001 по 2020 г.) этот показатель снизился лишь на 7,6 % (с 37,8 % в 2001 г. до 30,1 % в 2020 г.) [7].

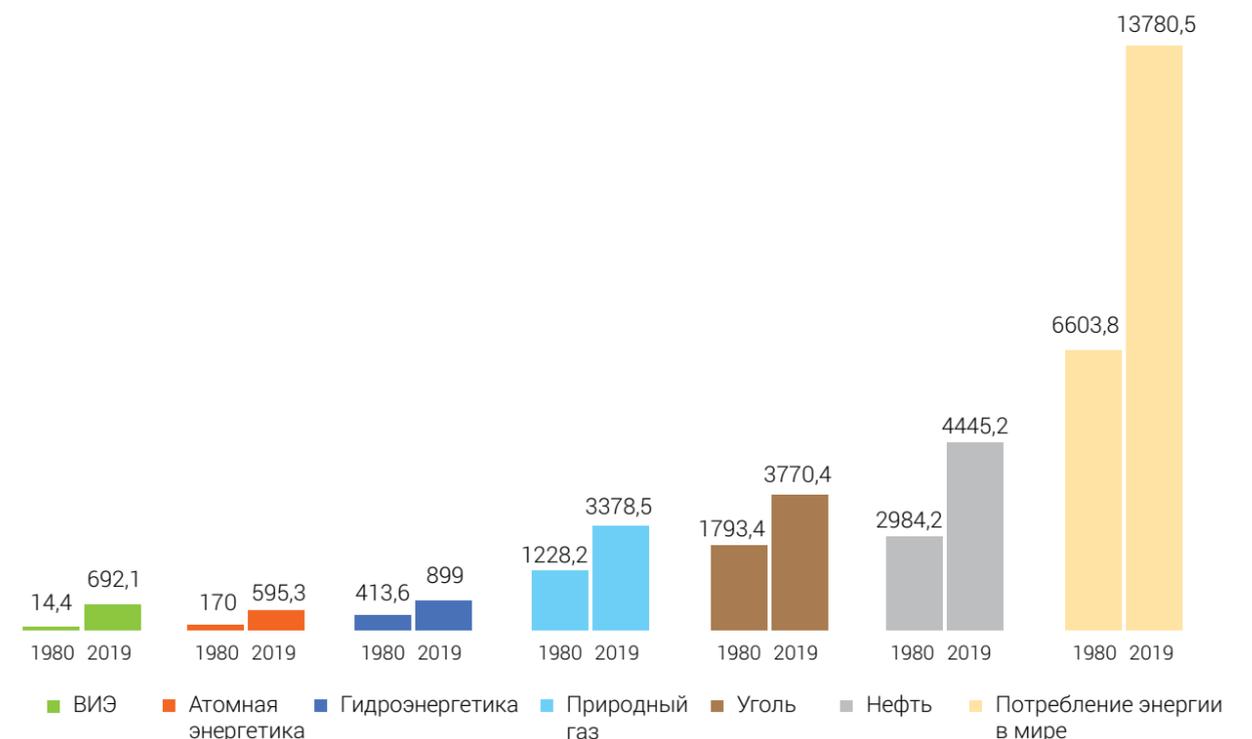
Доля углеводородного сырья в глобальном энергетическом балансе в 2020 г. превысила 30 %, причем за последние 20 лет (с 2001 по 2020 г.) этот показатель снизился лишь на 7,6 %

Вместе с тем некоторые эксперты видят развитие глобальной энергетической системы без углеводородов. В результате такого рода прогнозов сформировалось мнение, что добыча углеводородов в мире ограничена 50–60 годами. Рассмотрим, так ли это.

Классификация источников углеводородного сырья

Все источники углеводородного сырья принято разделять на традиционные (извлекаемые) и нетрадиционные (трудно извлекаемые).

Рис. 1. Потребление энергии в мире в 1980 и 2019 гг., млн т н. э.



В западной литературе приняты несколько иные термины – conventional и non-conventional. Это деление весьма условно, так как новые технологии могут перевести часть нетрадиционных ресурсов в разряд традиционных.

Нефть. В настоящее время не существует единой общепринятой классификации традиционных и нетрадиционных нефтей, наиболее часто их делят на три категории: традиционные (сырая нефть и газовый конденсат), переходные (transitional oils) и нетрадиционные нефти (unconventional oils). К переходным относят нефть плотных пород и глубинную, к нетрадиционным – тяжелые и сверхтяжелые нефти, природные битумы, нефтеносные пески и керогеновую нефть.

Нефти плотных коллекторов – традиционные нефти, залегающие в плотных низкопроницаемых коллекторах. Следует отметить, что к этому классу нефтей относятся и сланцевая нефть (shale oil) – легкая нефть, добываемая из низкопроницаемых сланцевых коллекторов.

Глубинная нефть – нефти, залегающие на глубинах, превышающих 8 км.

Тяжелые и сверхтяжелые нефти – вязкие нефти высокой плотности. К тяжелым относятся нефти плотностью 920–1000 кг/м³, к сверхтяжелым – нефти плотностью более 1000 кг/м³. Вязкость нефтей обоих типов не превышает 10000 мПа·с.

Природные битумы и нефтеносные пески – смесь органического вещества, кварца, песка, битумов и воды. Вязкость более 10000 мПа·с при плотности более 1000 кг/м³.

Керогеновая нефть (kerogen oil, oil shale) – синтетическая жидкая нефть, полученная в результате пиролиза, гидрирования или термического растворения керогена. Она существенно отличается от традиционных нефтей по физико-химическим свойствам.

Природный газ. Кроме традиционных ресурсов природного газа в мире существуют его нетрадиционные (трудноизвлекаемые) ресурсы. К нетрадиционным ресурсам относятся: сланцевый газ, газ плотных формаций, газ угольных пластов, газовые гидраты, водорастворимые газы.

Сланцевый газ состоит преимущественно из метана с незначительным содержанием двуокиси углерода и азота, и примесями гелия и аргона. Скопления сланцевого газа (плеи) расположены в толще сланцевых

слоев, которые представляют собой мелкозернистую слабопроницаемую осадочную породу со слоистой структурой.

Газ плотных формаций залегают в плотных низкопроницаемых породах (с проницаемостью менее 1 миллиарда). Основные скопления расположены в мелкозернистых песчаниках и алевролитах, на глубинах более 4,5 км.

Газ угольных пластов – газ, содержащийся в угольных пластах. Расположен в основном в микропорах и характеризуется высоким содержанием метана (до 99 %) при практически полном отсутствии сероводорода.

Газовые гидраты (клатраты) – кристаллические соединения, в которых молекулы газа помещены в каркас из молекул воды. Наиболее распространенным видом газовых гидратов (клатратов) являются гидра-

Месторождение нефти «Белый тигр», Вьетнам
Источник: curraheeshutter / depositphotos.com



Регион	Эксаджоули	Млрд тонн
Центральная Америка	450	11
Центральная Азия	595	14
Европа	126	3
Восточная Африка	86	2
Восточная Азия	360	9
Россия	2465	59
Ближний Восток	5440	130
Северная Африка	616	15
Северная Америка	5026	120
Океания	187	4
Юго-Восточная Азия	340	8
Южная Америка	2923	70
Южная Азия	125	3
Южная Африка	253	6
Западная Африка	525	13
Мир в целом:	19517	466

Таблица 1. Распределение геологических ресурсов традиционной нефти для различных регионов мира

ты метана. Один кубометр гидрата метана может содержать до 180 м³ газа.

Водорастворимые газы – газы, растворенные в пластовых водах нефтегазоносных бассейнов. Газ, растворенный в пластовых водах, считается одним из самых значимых из всех нетрадиционных ресурсов газа.

Геологические ресурсы нефти и природного газа

Оценки геологических ресурсов нефти и природного газа, проведенные различными экспертами, существенно различаются.

Нефть. По данным компании Shell геологические ресурсы традиционной нефти составляют 466 млрд т (19517 эксаджоулей) при годовой добыче около 4 млрд т. Распределение ресурсов по различным регионам мира приведено в таблице 1 [8].

Распределение залежей битумов и тяжелых нефтей, а также нефти плотных коллекторов по различным регионам мира приведено в таблице 2 [9, 10].

Все оценки геологических ресурсов нефти из керогена нефтяных сланцев достаточно условны. Как показано в работе [11], с учетом потенциала баженновской свиты мировые геологические ресурсы керогеновой нефти можно оценить почти в 548 млрд т.

В статье [11] собраны наиболее достоверные данные по геологическим ресурсам различных категорий нефтей.

Общий объем ресурсов составляет более 3,15 трлн т без учета потенциала глубинной нефти. При этом геологические ресурсы традиционной нефти составляют менее 15 % от общего объема нефтяных ресурсов.

Природный газ. В таблице 3 приведена оценка геологических ресурсов природного

Таблица 2. Распределение геологических ресурсов тяжелой нефти, битумов и нефти плотных коллекторов для различных регионов мира

Регион	Геологические ресурсы, млрд т	
	тяжелой нефти	битумов
Северная Америка	88,8	326,2
Северная Америка (без США)	-	-
Южная Америка	153,8	308,3
Австралия	-	-
Европа	10,2	2,3
Африка	11,3	6,3
Ближний Восток	132,5	0
Россия и страны СНГ	31,9	106
Азия	34,7	1,9
Мир в целом:	463,2	751

Тип природного газа	Ресурсы, м ³	Источник информации
Традиционный газ	188·10 ¹²	Statistical Review of World Energy
Сланцевый газ	150·10 ¹²	Tong [12]
Газ плотных формаций	7,2·10 ¹²	Tong [12]
Газ угольных пластов	38,3·10 ¹²	Tong [12]
Газовые гидраты	1·10 ¹⁴ –7,6·10 ¹⁸	Макогон, 1981 [13] – Добрынин, 1981 [14]
Водорастворимые газы	3,4·10 ¹⁶	Якуцени и др. 2012 [15]

Таблица 3. Оценка геологических ресурсов природного газа

газа. И хотя эти оценки достаточно приближенные, тем не менее можно понять, что эти ресурсы огромны. При современном уровне добычи (3,85·10¹² м³) только известных ресурсов природного газа хватит на сотни лет.



Лабораторные исследования нефти
Источник: aliexpress.ru

Геологические ресурсы углеводородов и концепция их abiогенного глубинного происхождения

Оценивая геологические ресурсы нефти и природного газа, нельзя не остановиться на вопросе о генезисе углеводородов, в частности на концепции их abiогенного глубинного происхождения. Эта концепция основана на представлении о том, что генерация углеводородов происходит в глубинных слоях Земли вследствие неорганического синтеза. Образовавшийся углеводородный флюид под высоким дав-

лением по глубинным разломам поступает в кристаллический фундамент и осадочную толщу, и при наличии коллекторов образует углеводородные залежи. В рамках этой концепции нефтегазоносность рассматривается как одно из проявлений природной дегазации Земли.

Результаты экспериментальных исследований, полученные в течение последних десятилетий, и накопленные геологические наблюдения подтверждают основные положения концепции. Кратко остановимся на основных полученных результатах.

Результаты экспериментов убедительно демонстрируют возможность образования сложных углеводородных систем за счет реакции различных доноров углерода (карбонатов, графита, алмаза, аморфного углерода) и водорода, в присутствии Fe или FeO и воды [16–19]. Полученные в результате лабораторных исследований смеси углеводородов близки по своему составу к природным.

В работе [20] полученная смесь сходна по составу с составом углеводородной системы, извлеченной из гранитоидов месторождения «Белый тигр». Моделирование процесса синтеза углеводородов в системе CO₂-флюид-мантийные породы, обогащенные H₂ при термобарических условиях, сходных с мантийными, показало образование смеси углеводородов, состав которой был близким к составу включений в мантийных оливинах и пикроильменитах [21].

В работе [19] показано, что метан и легкие алканы могут образовываться в системе CaCO₃-FeO-H₂O даже при тепловом режиме холодной субдукции.

Важные результаты получены при изучении системы Fe₃C-H₂O в широком диапазоне термобарических условий (873–1223 К, 2.5–6.0 ГПа), соответствующих условиям верхней мантии. Установлена связь между составом синтезированного флюида и термобарическими условиями. Повышение температуры синтеза ведет к образованию углево-

дородной системы, в основном состоящей из метана. Повышение давления при данной температуре приводит к образованию более сложной углеводородной системы, содержащей нормальные и изо-алканы до C₇ и бензол [22].

Важно отметить, что природа донора углерода не оказывает существенного влияния на принципиальный путь реакции образования углеводородов, а только меняет соотношение компонентов получаемой углеводородной смеси.

Результаты изучения метана показали, что при термобарических условиях, сходных с условиями на глубинах 70–80 км, метан трансформируется в углеводородную систему, близкую по своему составу к «жирному» природному газу [23].

Изучение пропана при давлении до 22 ГПа и температуре до 3000 К в алмазных наковальнях [24] показало, что пропан, в термобарических условиях, сходных с условиями верхней мантии, трансформируется в смесь насыщенных и ненасыщенных углеводородов, являясь прекурсором тяжелых углеводородов в экстремальных условиях.

Данные, опубликованные в [25], показали химическую стабильность сложных углеводородных систем в термобариче-

Природа донора углерода не оказывает существенного влияния на принципиальный путь реакции образования углеводородов, а только меняет соотношение компонентов получаемой углеводородной смеси

ских условиях, соответствующих глубине 50 км, и позволяют пересмотреть диапазон глубин возможного залегания скоплений углеводородов.

Геологические наблюдения подтверждают результаты экспериментов. Одним из наиболее убедительных аргументов является присутствие битумов и различных углеводородов в природных алмазах и других мантийных минералах [26, 27]. Так, например, в работе [27] приведены результаты изучения включений в алмазе, гранате и оливине из кимберлитовой трубки «Удачная», мантийное происхождение которых не вызывает сомнений. Эти вклю-

Алмазный карьер «Удачный»

Источник: dnevniki.ykt.ru



чения содержат насыщенные (CH_4 – $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$), ненасыщенные (C_2H_4 – $\text{C}_{15}\text{H}_{28}$), циклические (C_4H_8 – C_9H_{18}) и (C_6H_6 – $\text{C}_{16}\text{H}_{26}$), полициклические углеводороды (C_{10}H_8 – $\text{C}_{11}\text{H}_{10}$), альдегиды, кетоны, что убедительно подтверждает возможность образования сложных углеводородных систем в условиях верхней мантии Земли.

Полученные в течение последних десятилетий данные, такие, как существование сверхгигантских скоплений углеводородов на глубинах, превышающих 10 км (например, крупнейшее из найденных за последние десятилетия нефтяных месторождений лежит на глубине 10,7 км в Мексиканском заливе (Tiber prospect); несоответствие между идентифицированными биогенными источниками и доказанными запасами углеводородов для большинства гигантских углеводородных скоплений (Ближний Восток, Канада, Венесуэла), наличие крупных углеводородных залежей в кристаллическом фундаменте в отсутствие нефтематеринских свит могут быть объяснены только с точки зрения концепции глубинного абиогенного генезиса углеводородов.



Извержение подводного вулкана примерно в 34 морских милях от побережья Нукуалофы (Тонга)
Источник: efetur.com

Использованные источники

1. EU prepares to include nuclear and gas in green investment list. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.energymonitor.ai/finance/reporting-and-disclosure/eu-prepares-to-include-nuclear-and-gas-in-green-investment-list>
2. Мартынов В. Г., Бессель В. В., Кучеров В. Г., Лопатин А. С., Мингалеева Р. Д. Природный газ – основа устойчивого развития мировой энергетики: Монография // М.: Изд. центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, 2021. – 111 с.
3. Russian natural gas exports: An analysis of challenges and opportunities / V. Kutcherov, M. Morgunova, V. Bessel, A. Lopatin // Energy Strategy Reviews Energy Strategy Reviews. – 30(2020). – 100511. – 10 p.
4. Бессель В. В., Кучеров В. Г., Лопатин А. С., Мартынов В. Г., Мингалеева Р. Д. Современные тенденции развития мировой энергетики с применением «гибридных» технологий в системах энергообеспечения // Нефтяное хозяйство. № 3, 2020. С. 31–35.
5. Бессель В. В., Кучеров В. Г., Лопатин А. С., Мартынов В. Г. Энергоэффективность топливно-энергетического комплекса России // Труды РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. № 2, 2015. С. 13–26.
6. BP Statistical Review of World Energy, June 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
7. BP Statistical Review of World Energy, July 2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
8. A. Shell Global Energy Resources database. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/shell-scenarios-energy-models/energy-resource-database.html#iframe=L3dlYmFwcHMvRW5lcmd5UmVzb3VyY2VEYXRhYmFzZS8jb3Blbk1vZGFs> (дата обращения: 25.08.2021).
9. Meyer R. F., Attanasi E. D., Freeman P. A. Heavy oil and natural bitumen resources in geological basins of the world: U. S. Geological Survey Open-File Report, 2007–1084. – 36 p.
10. C. EIA/ARI World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment Technically Recoverable Shale Gas and Shale Oil Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries outside the United States. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.adv-res.com/pdf/A_EIA_ARI_2013%20World%20Shale%20Gas%20and%20Shale%20Oil%20Resource%20Assessment.pdf (дата обращения: 25.08.2021).
11. Кучеров В. Г., Бессель В. В. Оценка глобальных геологических ресурсов и запасов нефти: миф и реальность // Нефтяное хозяйство. № 10, 2021. С. 14–18.
12. Distribution and potential of global oil and gas resources / X. Tong, G. Zhang, Z. Wang et al // Petroleum Exploration and Development. 2018. Vol. 45 (4). P. 779–789.
13. Макогон Ю. Ф. Газовые гидраты, предупреждение их образования и использование. – М.: Недра, 1985. – 232 с.
14. Dobrynin V. M., Korotajev Yu. P., Plyushev D. V. Gas hydrates – A possible energy source. // Long-term energy resources. Eds. R. F. Meyer, J. C. Olson. Boston, Pitman, 1981. P. 727–729.
15. Якуцени В. П., Жарков А. М., Петрова Ю. Э. Нетрадиционные источники природных газов: перспективы и проблемы их освоения // Геология нефти и газа. № 6, 2012. С. 65–80.
16. The evolution of multicomponent systems at high pressure / J. F. Kenney, V. Kutcherov, N. Bendiliani, V. Alekseev // Proc. of Nat. Acad. of Sci. of USA. 2002. № 99. P. 10976–10981.
17. Кучеров В. Г., Колесников А. Ю., Дюжева Т. И. и др. Синтез сложных углеводородных систем при термобарических условиях, сходных с мантийными // Доклады Российской академии наук. Т. 433. № 3, 2010. С. 361–364.
18. Сонин В. М., Бульбак Т. В., Жимулев Е. И. и др. Синтез тяжелых углеводородов при температуре и давлении верхней мантии Земли // Доклады Российской академии наук. Т. 454. № 1, 2014. С. 84–88.
19. Mukhina E., Kolesnikov A., Kutcherov V. The lower pT limit of deep hydrocarbon synthesis by CaCO_3 aqueous reduction // Scientific Reports. 2017. Vol. 7: 5749.
20. Кучеров В. Г., Бенделиани Н. А., Алексеев В. А., Кенней Дж. Ф. Синтез углеводородов из минералов при давлении до 5 ГПа // Доклады Российской академии наук. Т. 387. № 6, 2002. С. 789–791.
21. Сокол А. Г., Томиленко А. А., Бульбак Т. А., Соболев Н. В. Синтез углеводородов при конверсии флюида CO_2 водородом: экспериментальное моделирование при 7,8 ГПа и 1350 °C // Доклады Российской академии наук. Т. 466. № 6, 2017. С. 699–703.
22. Serovaiskii A., Kutcherov V. The Role of Iron Carbide in the Abyssal Formation of Hydrocarbons in the Upper Mantle // Geosciences. 2021. V. 11. P. 163.
23. Serovaiskii A., Kutcherov V. Formation of complex hydrocarbon systems from methane at the upper mantle thermobaric conditions // Sci Reports. 2020. Vol. 10:4559.
24. Kudryavtsev D. A., Fedotenko T. M., Koemets E. G., Khandarkhaeva S. E., Kutcherov V. G., Dubrovinsky L. S. Raman Spectroscopy Study on Chemical Transformations of Propane at High Temperatures and High Pressures // Scientific Reports. 2020. V. 10. P. 1483.
25. Serovaiskii A., Dubrovinsky L., Kutcherov V. Stability of a Petroleum-Like Hydrocarbon Mixture at Thermobaric Conditions That Correspond to Depths of 50 km // Minerals. 2020. Vol. 10. P. 355.
26. Melton C. E., Giardini A. A. The composition and significance of gas released from natural diamonds from Africa and Brazil // Am. Mineral. 1974. V. 59 (7–8). P. 775–782.
27. Sobolev N. V., Tomilenko A. A., Bul'bak T. A., Logvinova A. M. Composition of Hydrocarbons in Diamonds, Garnet, and Olivine from Diamondiferous Peridotites from the Udachnaya Pipe in Yakutia, Russia // Engineering. 2019. V. 5. P. 471–478.

Заключение

К настоящему времени еще не сложились объективные предпосылки к полному переходу на возобновляемые источники энергии с точки зрения энергоэффективности и надежности энергообеспечения.

Современные представления о генезисе углеводородов, подтвержденные результатами экспериментальных исследований, позволяют сделать вывод о наличии в недрах Земли громадных, практически неисчерпаемых запасов углеводородов, доступность которых во многом будет зависеть от развития инновационных решений их поиска и разработки, а также от инвестиционной привлекательности их добычи в промышленных масштабах.

В связи с этим, углеводороды продолжают занимать значительную роль в глобальном энергетическом балансе, по крайней мере в ближайшие 30–40 лет. Доминирующую роль при этом будет играть природный газ, являющийся энергетически самым эффективным и наиболее экологически чистым видом органического топлива.

Энергетическое развитие Российской Арктики в эпоху энергоперехода

Energy development of the Russian Arctic in the era of energy transition

Юрий АМПИЛОВ

Профессор, заслуженный деятель науки РФ,
геологический и экономический факультет
МГУ им. М.В. Ломоносова, д. ф.-м. н.
e-mail: ampilovy@gmail.com

Yuri AMPILOV

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor, Honored Scientist of the Russian
Federation, Faculty of Geology and Economics,
Lomonosov Moscow State University
e-mail: ampilovy@gmail.com

Салмановское месторождение, ЯНАО

Источник: belomortrans.ru



Аннотация. Статья поднимает проблему энергообеспечения отдаленных и малодоступных регионов Арктики. Эту задачу предлагается решить путем создания многоукладных систем, направленных на самообеспечение энергией. Для этого возможно использование небольших установок на базе энергии ветра и солнца, малых атомных реакторов. Кроме того, особое внимание уделяется развитию в Арктике сферы производства водорода.
Ключевые слова: Арктика, энергообеспечение, Северный морской путь, производство СПГ, солнечная энергетика, ветроэнергетика, производство водорода.

Abstract. The article raises the problem of energy supply to remote and inaccessible regions of the Arctic. It is proposed to solve this problem by creating multi-structure systems aimed at self-sufficiency in energy. For this, it is possible to use small installations based on wind and solar energy, small nuclear reactors. In addition, special attention is paid to the development the hydrogen production in the Arctic.

Keywords: Arctic, energy supply, Northern Sea Route, LNG production, solar energy, wind energy, hydrogen production.

//

Освоение нефти на рубеже XIX–XX веков началось не из-за исчерпания запасов угля, а после изобретения двигателя внутреннего сгорания

Для промышленного и социального освоения любой территории ключевым вопросом является энергообеспечение. Поэтому целесообразно рассмотреть концепцию развития энергетики Арктики в двух основных аспектах: во-первых, в качестве источника ископаемой энергии для нужд всего государства в целом, во-вторых, как громадной и неосвоенной территории, на которой будет разворачиваться большая хозяйственная деятельность, требующая серьезных энергоресурсов.

Будет правильно делать это не в отрыве, а в соответствии с общими тенденциями в энергетике, которая претерпевает сегодня значительную трансформацию. Поэтому для начала рассмотрим глобальные тренды.



Месторождение Бованенково, полуостров Ямал
Источник: upstreamonline.com

Энергетические переходы в прошлом и настоящем

Наблюдающийся сегодня так называемый «энергетический переход» представляет собой меняющуюся структуру мирового энергетического баланса. Главным мотиватором этого перехода является Парижское соглашение об ограничении выбросов CO₂ в атмосферу вкупе с прочими инициативами и нормами экологического порядка (таблица 1).

Однако давайте рассмотрим нынешний энергетический переход, как отражение межтопливной конкуренции (уголь, нефть, газ, ВИЭ, водород и др.), в историческом ракурсе.

	Естественное природное топливо	Эпоха до появления промышленности Все древние цивилизации от Египта до Греции, Рима, Хорезма и Византии создали величайшие культуры безо всякой нефти и газа
	Уголь	Бурный расцвет в 19-20 веке Изобретение парового двигателя и электродвигателя. Паровозы, многочисленные суда на паровой тяге. Производство чугуна и стали в больших объемах. Тепловые электростанции
	Нефть	20 век Изобретение двигателя внутреннего сгорания, «перевернувшего» мир. Нефтехимия и газохимия, генерация электроэнергии
	Гидроэнергия	От водяных мельниц до гигантских гидроэлектростанций в эпоху всеобщей электрификации цивилизации. Наиболее значимый на сегодня из ВИЭ
	Мирный атом	Массовое строительство АЭС с 1970-х годов по настоящее время. Развитие цветной металлургии (Al etc) и других отраслей, требующих энергозатрат при ограниченности гидро- и тепловой генерации. Атомный флот СССР
	ВИЭ, водород и многоукладная энергетика	Человечество озадачилось борьбой с выбросами CO ₂ . Парижское соглашение. Большие дотации и преференции ВИЭ во многих странах и снижение себестоимости ВИЭ до конкурентных значений. Водород как топливо и накопитель энергии. Многоукладная энергетика с региональными особенностями – настоящий момент и ближайшее будущее. Термоядерный синтез (?) пока вне поля зрения

Таблица 1. Энергетические переходы в историческом ракурсе

С переходом от сжигания дров к развитию угольной промышленности долгое время человечество не могло представить себе жизнь без угля. Освоение нефти на рубеже XIX–XX веков началось не по причине истощения запасов угля в недрах, а после изобретения двигателя внутреннего сгорания и оценки его преимуществ перед паровыми машинами на угле. Осознание экологических проблем, связанных с использованием угля, пришло намного позднее.

Энергопереходы неравномерны, и в отдельных регионах мира далеко не завершены. На планете до сих пор много районов, где основным источником энергии остается примитивное сжигание биомассы.

Так же неравномерно происходит сегодня замещение нефти природным газом. Причем этот процесс ускорился с появлением новой технологии транспортировки газа, более гибкой по сравнению с трубо-



Остров Северный, Карское море

Источник: «Газпром»

проводной: сжижения, перевозки в сжиженном виде (СПГ) и последующей регазификации.

Возобновляемые энергоисточники – вода, ветер, солнце, атом – нашли свою нишу давно. Новые технологические решения, базирующиеся на повышенной эффективности и возможностях сохранения энергии, дают сегодня всплески развития уже известных видов ВИЭ и даже «древней» биомассы. Другая, «химическая», группа технологий позволяет говорить о новых видах топлива, основанных на глубоком разделении природных веществ (например, водородное направление). Каждое из этих направлений теряет (как атомная энергетика

ка в Германии) или набирает «очки», меняя общий энергобаланс.

Осмысливая исторические аналогии при смене парадигм энергопотребления человечества, мы видим сегодня появление нового технологического уклада в развитии цивилизации, в частности новый набор ключевых технологий энергообеспечения. По большому счету, управляет этим процессом межтопливная конкуренция, подчиняющаяся законам практической целесообразности. Другими словами, применение той или иной технологии, того или иного источника энергии на той или иной конкретно взятой территории зависит от таких простых характеристик региона,

Таблица 2. Три главных возражения оппонентов ВИЭ и аналоги в нефтегазовой отрасли

Возобновляемая энергетика	Нефтегазовая отрасль
Большие налоговые преференции и дотации в ряде стран, без которых возобновляемая энергетика нерентабельна по мнению оппонентов	Новые российские нефтегазовые проекты имеют беспрецедентные налоговые преференции, превышающие зарубежные льготы по ВИЭ, а их основная инфраструктура построена за государственные средства («Ямал СПГ», «Сила Сибири», Восток Ойл» и т. п.). При нынешних ценах большинство капитальных затрат в новые проекты не окупятся.
Проблемы с экологией ветровых ЭС (шум, вибрация, птицы, животные), а также с утилизацией отработанных солнечных панелей (примечание: постепенно решаются, т. к. в Европе очень жесткие экологические требования)	Только след от ГТС в тундре не «заживает» 40 лет, не говоря о крупном промысле, а нефтегазодобыча в Арктике привела к безвозвратной потере оленьего поголовья, рыбных богатств, загрязнению грунтовых вод и т. п. в огромных ареалах. А в случае разливов на шельфе – катастрофа планетарного масштаба.
Зависимость от погоды (примечание: решаются совмещением ВЭС и СЭС – чередование солнца/ветра, а также мощным развитием индустрии по хранению энергии)	Большая удаленность основных районов нефтегазодобычи в России от потребителей и связанные с этим большие транспортные расходы на доставку

как: доступность энергоресурса и технологии, потребность в энергии и интегрированность с другими регионами/рынками.

Сегодня мы наблюдаем эволюционное движение к многоукладной энергетике будущего. Основные элементы ее отчетливо видны: значительное повышение доли электрогенерации из ВИЭ, заметное сокращение потребления угля, стабилизация потребления нефти и газа в ближайшие 10–20 лет, последующее снижение доли нефти (в относительных, а не абсолютных объемах) при сохранении позиций газа (таблица 2).

Многоукладность будущей энергетики будет выражена не только в глобальном масштабе. Такой принцип даст немалые преимущества отдельным регионам, в том числе тем изолированным отдаленным территориям, которые будут выстраивать свою энергетику исходя из местных возможностей и целесообразности с учетом как новейших, так и традиционных технологических достижений.

Современная картина энергоснабжения Российской Арктики

Сегодня нерациональность (до абсурдности) энергоснабжения в Арктике очевидна даже при самом схематичном описании архаичной системы, сложившейся десятилетия назад. Основную роль здесь по-прежнему играет уголь, хотя очевидно, что в долгосрочной и даже среднесрочной перспективе цивилизация будет освобождаться от него как от наиболее «грязного» с экологической точки зрения вида топлива.

На Арктику приходится большая часть Западно-Сибирской нефтегазоносной про-

Нефть и СПГ, производимые в Арктике, направляются на внешние рынки. Между тем для местных нужд бензин и дизельное топливо до сих пор поставляются «северным завозом», что делает их «золотыми»



Газовоз «Псков», «Совкомфлот»
Источник: Базон Хикса / Яндекс.Дзен

винции, главной нефтегазовой житницы страны. Именно на арктической суше сосредоточена основная ресурсная база добычи «Газпрома». В последнее время здесь наблюдается сильный тренд на рост производства СПГ. Основными рынками сбыта для добываемых здесь углеводородов и «Газпром», и «НОВАТЭК», и нефтяные компании определяют внешние рынки, даже на фоне прогнозируемого долгосрочного профицита нефти в мире и нестабильного уровня потребления газа.

Между тем для местных нужд бензин и дизельное топливо поставляются «северным завозом». Проще говоря, нефть, добываемая в Арктике, вывозится, перерабатывается «на большой земле» и возвращается на север в виде моторного топлива ценой громадных затрат. Газ используется чрезвычайно мало. Локально на нефтегазовых промыслах и прилегающих поселениях используется попутный газ, либо небольшие месторождения специально разрабатываются для энергоснабжения крупного производственного градообразующего кластера, как, например, в Норильском горно-металлургическом промышленном районе.

Попутно (именно попутно!) самым перспективным из углеводородных видов топлива – СПГ – планируется обеспечить все арктическое побережье России, для чего помимо заводов сжижения нужно строить терминалы регазификации и газораспреде-

лительные сети. По сути – тот же «завоз», несколько локализованный.

Этот план считается в высшей степени современным и эффективным решением, чуть ли не панацеей. С этим никак нельзя согласиться. Создание газовой инфраструктуры может решить задачи энергоснабжения для очень ограниченного числа населенных пунктов в Арктике, ведь надо понимать, что больших и даже средних точек концентрации потребителей на российском арктическом побережье просто нет, как нет и портовой инфраструктуры, способной принимать газозавозы. Все они дальним транзитом идут в страны АТР и Европу.

Развитие Северного морского пути (грузооборот которого планируется через пять лет многократно увеличить) при всех колоссальных затратах само по себе тоже не обеспечит ни роста промышленности, ни заселения пустынных прибрежных земель.

Конечно, там, где будут открываться и вводиться в разработку месторождения углеводородов и твердых полезных ископаемых, будет развиваться и инфраструктура, в том числе энергетическая, в случае крупных и многолетних проектов будут появляться и поселки. Нефтегазовая активность медленно сдвигается по арктическому побережью с Ямала на восток – распространяется на Гыданский полуостров, прорисовываются пока неясные перспек-

Ледоколы, Севморпуть
Источник: goarctic.ru



Ставка российских СПГ-проектов на внешние рынки несет высокие риски из-за волатильности спроса. Ситуация с ценами на газ 2021 г. может исчезнуть так же неожиданно, как и появилась

тивы Таймыра. Но едва ли стоит ожидать появления здесь городов или даже крупных поселков с постоянным населением; нет смысла говорить и о затратном строительстве небольших НПЗ под местные нужды. Такие разговоры – это уже пройденный этап прожектов.

Газ арктического шельфа?

Как отмечалось выше, для малочисленных и уже освоенных «пятен» в Арктике есть приемлемые варианты газификации – либо на базе местных месторождений, либо за счет завозного СПГ. Для этого подразумевается наличие достаточного спроса со стороны сложившихся потребителей – промышленных и социальных, а таких точек очень мало.

Геологи считают, что на шельфе Арктики газа в 4–5 раз больше, чем нефти. Если начнется масштабная разработка не одного, а нескольких крупных морских арктических месторождений газа, то газификация прилегающего побережья пойдет активнее. Но это только теория. Апробированных шельфовых технологий добычи газа в условиях, свойственных российским арктическим морям, нет не только в России, но и в мире. Норвежский СПГ-проект в Хаммерфесте на базе шельфового месторождения Snohvit не может служить примером: проходящий рядом из теплых вод Атлантики Гольфстрим делает климат гораздо мягче не только в самом районе добычи газа на месторождении Snohvit, но и на всем протяжении побережья Норвегии далеко на север.

Другие арктические месторождения – уже разрабатываемое Приразломное в России и готовящееся к вводу в 2022 году Johan Castberg в норвежской

части Баренцева моря – поистине прорывные примеры, но речь здесь идет только о нефти. Не то что примеров, но и реальных планов добычи морского арктического газа нет нигде – ни с вариантом сжижения на платформе или плавучем комплексе, ни с трубопроводной транспортировкой на берег. Не случайно заморожен до неопределенного времени российский Штокмановский проект.

Ближайшими перспективными арктическими проектами можно считать морские части Харасавэйского и Крузенштерновского месторождения на Ямале, а также неоднократно переносившимися по проектным срокам месторождения Каменно-



Карское море, Обская губа
Источник: geonedra.ru

мысское-море и Северо-Каменномысское в Обской губе. Но это все же не шельф, а субаквальные прибрежные мелководные части суши.

СПГ по СМП: за льготы и госсредства

Следует прямо сказать – нынешняя экономическая эффективность СПГ-проектов обеспечивается в первую очередь беспрецедентными налоговыми льготами. И создание инфраструктуры Северного морского пути (что также будет способствовать развитию арктических СПГ-производств) осуществляется преимущественно за средства госбюджета.

Сейчас для СМП поставлена амбициозная задача: достичь к 2024 году перевозок в объеме 80 млн тонн, а в последующие годы гораздо больше. Причем в ближайшие годы основную загрузку должен обеспечивать сжиженный природный газ.

Развитие Северного морского пути чрезвычайно важно для России во всех смыслах, однако пока его загрузка очевидна только в части вывоза СПГ и нефти да ввоза различного оборудования и материалов для тех же нефтегазовых проектов. Плюс по нему по-прежнему течет ручеек пресловутого «северного завоза» и оборонного снабжения. В случае отсутствия диверсификации загрузки СМП, то есть отсутствия иных, не нефтегазовых промышленных проектов в регионе или надежного и масштабного мультипродуктового транзита, Севморпуть так и останется затратным проектом, требующим постоянных бюджетных вливаний.

Ставка СПГ-проектов на внешние рынки несет в себе высокие риски из-за волатильности спроса. До 2021 года газ с трудом находил сбыт не только в Европе, но и на азиатском направлении, где у арктического СПГ много конкурентов. Ситуация с ценами на газ 2021 года не является долгосрочной. Она может исчезнуть так же неожиданно, как и появилась. Говорить же о сколько-нибудь серьезных объемах сбыта СПГ для собственных нужд вдоль побережья Арктики – и вовсе утопия.

Источники энергии для Российской Арктики

Однако вернемся именно к ним – энергетическим нуждам Арктики. Если не строить Нью-Васюки, а исходить из реальных нужд имеющих потребителей, то для развития отдельных горнодобывающих производств в ненаселенных районах, а также для других целей (например, для удаленных воинских гарнизонов) потребуется энергетическое обеспечение малых и средних мощностей. А в силу разрозненности и удаленности этих «островков цивилизации» на обширной территории потребности и возможности каждого из них следует рассматривать индивидуально.

Мы даже в этом смысле хотели бы уйти от расхожего понятия «альтернативной энергетики». Здесь, в Арктике в целом и в каждой отдельной ее точке – альтернатива чему? Разве что «северному завозу». Поэтому

предлагаем подходить к вопросу с точки зрения самообеспечения отдельных районов и населенных пунктов всеми доступными на месте источниками энергии. Самообеспечение и многоукладность – ключевые слова в решении энергетической задачи Арктики.

Малый «атом». Одним из обсуждаемых ныне концептуальных предложений является сооружение плавучих или наземных атомных реакторов небольшой мощности для Российской Арктики. Теоретически интересная возможность, но у нее



Использование ледоколов при освоении нефтегазовых месторождений

Источник: newvz.ru

больше минусов, чем плюсов. Прежде всего – дороговизна. Кроме того, даже минимальная мощность такого реактора является чрезмерной для большинства поселков. Доступность мест для монтажа ограничена крайне малыми глубинами моря по всему арктическому побережью и почти исключена во внутренних сухопутных районах, где ожидается открытие большинства месторождений твердых полезных ископаемых. Перезарядка мобильных реакторов раз в 10–20 лет – тоже очень серьезная проблема. Экологический фактор соседствует с террористическими угрозами. В добавление к сказанному – это потенциальная военная цель в случае вооруженного конфликта. Все эти факторы

не оставляют существенного места АЭС в Арктике, даже небольших мощностей. Малый атомный реактор мог бы решить проблему какого-нибудь среднего объекта потребления при полном отсутствии других источников энергии, однако такое маловероятно. Тем не менее, запуск в эксплуатацию ПАЭС «Ломоносов» в районе Певека можно на данном этапе считать необходимой временной мерой. Считать это направление долговременным трендом ошибочно по вышеуказанным причинам.

Ветер. По потенциалу ветровой энергии арктический регион объективно является самым привлекательным на планете. Достаточно одного взгляда на карту скорости ветров, чтобы понять неисчерпаемость этого ресурса для Российской Арктики по сравнению с исчерпаемостью таких источников, как углеводороды в недрах и деньги в госбюджете.

Однако технологическое первенство в этом направлении, к сожалению, не за Россией, и при отсутствии собственных технологий импорт тут не поможет. Разработанные для теплой Европы и тропических стран промышленные серии ветровых генераторов не подходят для суровых климатических условий Арктики. Даже



Ветровые установки в арктических условиях Канады

Источник: prnewswire.com

в Европе они дали серьезный сбой в относительно холодную зиму 2020–2021 года. В мире уже развито серийное производство ветрогенераторов разной мощности (наиболее распространенные по 1,98 МВт, а сегодня уже и 13 МВт не редкость). На побережьях и в море создаются и успешно работают огромные ветровые парки. И ни одного такого парка в Российской Арктике!

Суровые условия – не оправдание. Так, в еще более суровой Антарктике 90 % всей генерируемой энергии получают из ветра и солнца, а завозить сюда дизельное топливо для электрогенерации не приходит в голову никому кроме россиян, прежде всего по экономическим причинам.

У водорода самая высокая энергетическая плотность: 1 кг водорода обладает такой же энергией, как 2,8 кг бензина. Он очень экологичен: единственным продуктом выброса является вода

Большое достоинство ветропарков – широкие рамки выбора мощности, от одного ветряка до сотен и более. А основной минус ветроэнергетики для Европы – требуемые под них большие площади – практически не имеет значения на наших северных и восточносибирских просторах. Зато есть другая проблема: имеющиеся сейчас в Российском Заполярье единичные ветроустановки зачастую некому обслуживать из-за сложностей привлечения квалифицированных кадров в эти районы и отсутствия налаженного серийного сервиса, как в Европе. Кадровая проблема для развития новой энергетики в России является не менее серьезной, чем техническая и технологическая. Кадров просто нет.

Солнце. В условиях Арктики, где полгода приходится на полярный день, у солнечной энергетики есть реальные перспективы. Ключевым фактором здесь будет себестоимость получения солнечной энергии, которая в мировой практикекратно снизилась за последние несколько лет. Это делает данное направление привлекательным для Арктики даже с учетом сезонности в качестве одного из компонентов местной энергосистемы, хотя, конечно, не единственного. При этом потребуются разработка нового типа оборудования с учетом специфики суровых

условий на всех уровнях – от материалов и механизмов до решения задачи сохранения и передачи энергии. Однако это тоже вполне посильная задача для отечественных НИОКР.

Газогидраты. Геологами уже доказано, что Российская Арктика богата газогидратами, залегающими вблизи поверхности воды. Правда, это вопрос далекой перспективы. Несмотря на прогресс, достигнутый в последнее время японскими и китайскими исследователями на экспериментальном уровне, до промышленного использования этого ресурса еще далеко. Для гидратов метана, залегающих на Арктической суше в зонах многолетнемерзлых пород, такие технологии представляются менее сложными, чем для морских придонных газогидратных залежей, над технологиями добычи которых много лет трудятся японские инженеры. В случае решения задачи рентабельной добычи метана из газогидратов, этот энергоресурс, не требующий затрат на транспортировку, станет существенным подспорьем в местном топливообеспечении.

Водород. Двигатели на основе свободного водорода имеют неплохие перспективы для Арктики, куда завоз традиционно жидкого моторного топлива – бензина

Арктика требует создания новых центров притяжения для населения. Этому будут способствовать перенос в регион ряда центров компетенций и баз для инженерно-производственных разработок

и дизеля – слишком затратен. Сейчас водородные решения уже внедряются для многих групп техники: от легковых автомобилей, автобусов, грузовиков и карьерных самосвалов до беспилотных летательных аппаратов. По сравнению со всеми видами топлива у водорода самая высокая энергетическая плотность: 1 кг водорода обладает такой же энергией, как 2,8 кг бензина. При этом он очень экологичен: единственным продуктом функционирования двигателей на водороде является вода. Его использование не ведет к образованию выбросов CO₂. А запасы этого ресурса практически неисчерпаемы. Во-

Ветровая установка на севере США

Источник: w3.windfair.net



В условиях Арктики, где полгода приходится на полярный день, у солнечной энергетики есть реальные перспективы. Ключевым фактором будет себестоимость получения солнечной энергии

Водород можно получать с использованием экологически чистых методов благодаря энергии солнца, ветра, воды или тепла Земли, и эти технологии уже достаточно апробированы во многих странах: Европе, США, Японии, Китае.

Наиболее современные водородные двигатели не используют принцип ДВС. В основе водородного топливного элемента лежит электрохимическая реакция, результатом которой является электрический ток, приводящий в движение электродвигатель. То есть это, по сути, тот же электромобиль, только без огромных аккумуляторов. Однако требуется развитая сеть водородных заправок. Все ведущие автопроизводители в мире уже производят автомобили на водородных топливных элементах. В Германии к 2023 году планируется построить сеть из 400 водородных заправок. Уже сейчас при имеющейся сети можно проехать более половины территории Западной Европы на «водородном» автомобиле, поскольку пробег между заправками у него намного больше, чем у бензинового.

При этом водород – это не только и не столько автомобили. Это использование его во всех тех же позициях, где сегодня присутствуют уголь, нефтепродукты, газ и т. п. Получать водород из природного газа методом паровой конверсии метана на сегодня наиболее дешево, что дает «Газпрому» серьезные преимущества для поставок водорода на европейские рынки. Вопрос в том, что этот водород не является «зеленым» в отличие от получаемого из ВИЭ, поскольку сопровождается выбросами в атмосферу CO₂. Другие методы (улавливание CO₂, пиролиз метана и т. п.) приводят к удорожанию технологии.

Водород в Арктике интересен не только как топливо, но и как накопитель энергии. Например, летом, когда наблюдается избыток солнца и/или ветра при стабильном потреблении, водород можно произвести в больших объемах, чтобы использовать в долгие полярные зимы. Тогда и «Северный завоз» топлива можно сократить до нуля, например, в те районы, где нет дорог, и тот же дизель или уголь становятся просто «золотыми», превосходя по себестоимости доставки водород, произведенный на месте из ВИЭ.

Таким образом, с учетом имеющихся и будущих нефтегазовых месторождений, точечных возможностей поставок СПГ и всех перечисленных выше перспективных источников энергии, можно смело выстраивать для каждого отдельно взятого района, предприятия, населенного пункта в Арктике собственную энергетическую тактику на принципах самообеспечения и многоукладности.

Проблемы этноса и кадров

В дискуссиях об энергообеспечении Арктики часто упускается один важный фактор – особенности местного социально-экономического уклада. Новые и уже реализованные проекты, такие как «Ямал СПГ», платформа Приразломная, терминал Варандей, Новопортовское месторождение почти не оказывают влияния

Резервуары «Ямал СПГ»
Источник: oilexp.ru



«Ямал СПГ»

Источник: pro-arctic.ru

на местную социально-экономическую среду, а иногда стимулируют отказ коренных жителей от традиционных форм жизнедеятельности.

Все материально-технические ресурсы, технологии, оборудование, кадры и компетенции – завозные. Максимум, что делают компании для местных сообществ – это строительство и оснащение больниц, школ, музеев в райцентрах и редких поселках, поддержка культурных мероприятий, экологические акции вроде выпуска мальков и прочее. Между тем такие регионы требуют системного создания новых центров притяжения для населения, формирования постоянных, а не только вахтовых, рабочих мест, формирования спроса на высококвалифицированных специалистов и карьерного роста в рамках региона. Этому будут способствовать перенос части центров компетенций и принятия решений, баз для инженерно-производственных разработок, сопутствующего материально-технического обеспечения из традиционных промышленных и интеллектуальных центров страны на новые осваиваемые территории. Все это требует новых кадров, которых пока не готовят в нужном количестве и качестве наши вузы, в перечне которых даже отсутствуют требуемые на сегодняшний день специальности для этих регионов.

Промежуточные выводы

Арктика и Дальний Восток для России являются чрезвычайно важными в социально-экономическом, геополитическом и оборонном аспектах. Однако это не означает, что развитие этих территорий нужно вести неэффективными и нерациональными методами, которые десятилетиями держат их в дотационных «ежовых рукавицах». Это не прогресс – это бессмысленная лямка и хождение по кругу.

Поэтому мотивировка освоения Арктики только высоким углеводородным потенциалом шельфа и прилегающих территорий не вполне уместна. Большие тра-

Большое достоинство ветропарков – широкие рамки выбора мощности: от одного ветряка до сотен установок. Требование больших площадей под ВЭС не является ограничением для Арктики

ты в Арктике действительно неизбежны, но следует более вдумчиво определить стратегию развития данного огромного региона и направления этих трат.

Как нефтегазовая отрасль не может и не должна быть основным источником благосостояния страны, так и углеводородные ресурсы не могут и не должны быть основным предметом наших интересов к Арктике, особенно с учетом быстро меняющейся структуры энергетики в мире.

Концепция разведки и освоения недр Российской Арктики должна быть комплексной и включать все полезные ископаемые, углеводородные, твердые, иные, с точки зрения их востребованности в буду-



Солнечные батареи зимой
Источник: commons.wikimedia.org

щем технологическом укладе цивилизации, включая энергетический сектор.

Кроме того, для Арктического региона необходимо разрабатывать другие направления развития, не основанные на полезных ископаемых. Для энергообеспечения преобладающих здесь небольших поселений, обширных территорий, которые никогда не будут густонаселены, а также для точечного и в лучшем случае кластерного подхода бизнеса к организации производств нужно более широко использовать огромный потенциал других энергетических ресурсов. Например, экологически чистой ветровой энергии. Первоочередной задачей является адаптация имеющихся и разработка новых технологий и оборудо-

вания для климатических и ветровых условий Арктики.

У нефти и газа российского арктического шельфа также есть обозримое будущее, но они должны гармонично вписываться в общую концепцию с учетом востребованности на местных, общероссийских и внешних рынках, перспективных технологий разведки и добычи в целях рационального пользования ресурсами и максимально бережного отношения к экологии.

Энергостратегия в Российской Арктике

При всем возможном разнообразии ключевыми источниками энергии в Арктике для ее собственных нужд на наш взгляд в среднесрочной перспективе должны стать всего четыре: атом, ветер, водород и СПГ в том порядке, в котором они здесь перечислены.

Круглогодичная навигация по СМП немыслима без ледокольной проводки. В условиях Арктики пока не может быть речи о бункеровке ледокольных судов обычным дизельным топливом и СПГ из-за отсутствия портов для бункеровки и немыслимой себестоимости завезенного туда топлива, которого для тяжелых ледоколов надо не просто много, а очень много. Иначе им самим потребуются спасение при попадании в тяжелые ледяные поля, где это топливо у них быстро закончится. Поэтому наиболее оптимальным является использование атомных ледоколов, не требующих дозаправки много лет. Программа строительства нового ледокольного атомного флота уже принята и реализуется.

Использование плавучих атомных электростанций типа уже установленной в Певеке ПАЭС «Ломоносов» тоже может быть эффективным. Но они лишь точечно могут закрыть наиболее узкие проблемные места с энергопотреблением, пока не будут возведены стационарные и долговременные источники энергообеспечения. К тому же ПАЭС весьма дороги по капитальным затратам в расчете на киловатт мощности и требуют многих лет на строительство каждой отдельной станции.

На сегодня некоторые АЭС, построенные еще в СССР, недогружены из-за отсутствия промышленных потребителей, которые сошли со сцены вместе с Советским Союзом. Наиболее яркий пример в Арктике – Кольская АЭС. Мощности таких АЭС

можно направить на производство «зеленого» водорода. Промышленные технологии транспортировки и хранения водорода разработаны много лет назад, но сейчас они очень быстро совершенствуются под новые требования и новые масштабы.

Энергия ветра на арктическом побережье неисчерпаема. Наиболее апробированы в мире ветровые установки мощностью 2 МВт. В Германии с ее высоким энергопотреблением такая ветровая турбина обеспечивает энергией 600–800 домохозяйств, а это 2–2,5 тысячи человек. Столько жителей нет ни в одном арктическом населенном пункте за исключением Певека, Тикси и Хатанги, где их лишь немногим больше. Это говорит о том, что всего лишь один небольшой по европейским меркам ветрогенератор способен решить энергетические проблемы любого арктического российского поселка с избытком. Надо лишь адаптировать его для Арктики.

Избытки мощности могут быть также использованы для производства водорода, который может применяться в том числе как резервное топливо для наземной техники и бункеровки заходящих небольших судов, переведенных к тому времени на водород вслед за развитыми странами. По массо-габаритам это идеальное топливо с максимально возможной теплотворной способностью и нулевыми выбросами CO₂.

Колоссальные ресурсы природного газа в Арктическом регионе могут стимулировать создание в регионе газохимических кластеров и водородных производств, продукция которых будет востребована как на внешних, так и на внутренних рынках.

Решение проблемы энергообеспечения, развитие сферы производства водорода, создание газохимических кластеров и других производственных центров улучшит социальную жизнь людей, будет способ-

ствовать снижению миграции населения и созданию дополнительных рабочих мест, в том числе для высококвалифицированных специалистов.

Кто должен предлагать обоснованные решения по новым глобальным и местным проектам, от которых зависит это будущее? Назрела проблема управленческих и инженерных кадров, способных выйти за границы индустрий и всесторонне оценивать традиционные и новейшие технологии.

При всем возможном разнообразии ключевыми источниками энергии в Арктике для ее собственных нужд в среднесрочной перспективе должны стать всего 4: атом, ветер, водород и СПГ

Проблема постепенно уже начала решаться. Количество созданных новых рабочих мест в Арктической зоне – 11 тысяч 613 единиц (при плане созданных рабочих мест на 2021 год – 1,3 тыс.). Сфера направления инвестиций достаточно разнонаправлена (логистика, добыча полезных ископаемых, туризм, производство рыбной продукции, сервисные бизнесы и сельское хозяйство). Существующая и планируемая диверсификация топливных ресурсов и структуры локальной энергетики уже сегодня требует незамедлительного повышения профессиональных компетенций специалистов в области ВИЭ с учетом их вовлечения в специфику Арктической зоны.

Использованные источники

1. Ампилов Ю. П. Новые вызовы для российской нефтегазовой отрасли в условиях санкций и низких цен на нефть // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. № 2, 2017. С. 38–50.
2. Ампилов Ю. П. Освоение недр Российской Арктики: углеводороды или новые тренды? // Энергетическая политика. № 3 (141), 2019. С. 42–53.
3. Ампилов Ю. П. Новый взгляд на концепцию энергетического развития Российской Арктики // Газовый бизнес. № 3, 2020. С. 2–9.
4. Ампилов Ю. П., Жуков О. В. Освоение недр Арктики: уточнение концепции или смена приоритетов? // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. № 1, 2018. С. 27–34.
5. Ампилов Ю. П., Важенин Ю. И., Шмаль Г. И. Что изменилось за последние годы в наших представлениях об освоении российского шельфа? // Деловой журнал Neftegaz.RU. № 8 (92), 2019. С. 50–61.



Андрей КОРОБОВ

Генеральный директор ПАО «ЯТЭК»

DOI 10.46920/2409-5516_2022_1167_44

Потенциал участков в Якутии сильно недооценивается, речь идет об открытии новой нефтегазоносной провинции

Компания «ЯТЭК» заявила о себе как о новом независимом производителе сжиженного газа в России. Что может стать ресурсной базой этого проекта и каковы его дальнейшие перспективы, рассказал в интервью журналу «Энергетическая политика» генеральный директор ПАО «ЯТЭК» Андрей Коробов.



– Каковы на данный момент суммарные запасы газа и конденсата на месторождениях «ЯТЭКа»? Какие геологические особенности их залегания, характеристики газа? Есть ли сложности с добычей?

– На данный момент общие запасы «ЯТЭКа» достигли 432 млрд кубометров по сравнению с 365 млрд кубометров в 2019 году. Компания работает на Средневилюйском и Мاستахском месторождениях уже более 55 лет, месторождения хорошо изучены, а применяемые технологии достаточно стандартные. Наши основные месторождения – Средневилюйское, Мастахское, Толонское – расположены рядом с Соболах-Неджелинским месторождением «Газпрома» по Хапчагайскому валу. Добыча газа ведется из отложений триаса, здесь же расположены и основные запасы, выявлены крупные ловушки. Кроме того, мы планируем

подключить к разработке юрские и пермские отложения на Средневилюйском, Толонском и Мастахском месторождениях.

Газ на этих месторождениях можно охарактеризовать как сравнительно чистый и высококачественный, с небольшим содержанием жирных фракций и очень низким содержанием примесей. Газоконденсатный фактор колеблется от 52 до 56 грамм на 1 тыс. кубометров. На наших месторождениях высокое внутрипластовое давление, что является оптимальным фактором для применения низкотемпературной сепарации.

В результате, себестоимость добычи достаточно низкая – около 600–650 рублей за тысячу кубометров. В будущем, с началом масштабной реализации проекта стоимость за MBTU (британская тепловая единица примерно 1,14 тыс. кубометров газа) может составить 6,3–6,5 долларов.



УКПГ, п. Кысыл-Сыр, Якутия

Источник: «ЯТЭК»

– Если Средневилу́йское и Мастахское месторождения находятся в разработке более 55 лет и фактически являются одним из основных источников газа в Якутии, то каковы их перспективы? Преодолен ли пик добычи, когда они выйдут на полку? Есть ли перспективы увеличения запасов на них за счет доразведки?

– Запасы Средневилу́йского месторождения достигают более 200 млрд кубометров. Несмотря на то, что оно, по сути, является основным источником газа в Якутии, месторождение находится в идеальном состоянии. Более того, недавно мы прирастили его ресурсную базу за счет доразведки нижних горизонтов и расширения границ на 42 млрд кубометров газа.

Месторождение разделено рекой Вилюй на левый и правый берег, и исторически правый берег осваивался более интенсивно. Сейчас мы проводим компенсационные мероприятия, которые позволяют сбалансировать добычу на двух берегах.

Мастахское месторождение не эксплуатируется более 20 лет и находится в консервации, но, на наш взгляд, оно сильно недооценено. Мы сделали полную переинтерпретацию данных, сейчас заканчиваем оформление прирезки (расширения) лицензионных границ участка. В итоге мы планируем в 2022 году увеличить за счет геологоразведки ресурсную базу на этом участке до 75 млрд кубометров газа. В будущем планируем провести здесь дополнительную сейсмику и бурение скважины. Мы видим большие перспективы на этом участке.

– Какие планы по бурению на новых участках компании, в частности, на Толонском? Сколько скважин будет пробурено, каковы перспективы по запасам на Толонском участке и Хайлахском месторождении?

– Сейчас мы сконцентрированы на четырех старых лицензиях – Средневилу́йском, Толонском, Мастахском и Тымтайдахском участках. Фонд скважин на них составляет более 170 единиц. Мы консолидировали имеющуюся информацию, переинтерпретировали ее, расконсервировали и отремонтировали порядка 30 скважин, пробурили новые, отобрали большое количество керн. В результате, по этим участкам была получена новая геологическая 3D-модель, подготовлена и утверждена обширная программа геологических исследований. В рамках этой модели сейчас строятся четыре новые скважины: на Толоне – две скважины, на Тымтайдахе и Средневилу́е – по одной на каждой структуре. Первая скважина на Толоне уже построена, на Средневилу́йском участке строительство скважины будет завершено до конца 2021 года. В 2022 году мы планируем заложить точки под бурение эксплуатационных скважин.

Что касается Хайлахского месторождения, расположенного на Южном лицензионном участке, то здесь много аспектов. В советское время на этом месторождении было пробурено несколько поисково-разведочных скважин, мы обработали и переинтерпретировали данные, что позволило утвердить в ГКЗ запасы газа и поставить на баланс 33 млрд кубоме-

тров. И это только самое начало. На трех новых участках – Южном, Северном и Майском – мы ведем сейсмику 2D объемом 6900 погонных километров. По результатам сейсморазведки планируем пробурить несколько поисково-разведочных скважин.

В итоге, построенная по обновленным данным гидродинамическая модель позволила нам рассчитать оптимальную полку добычи в 15–17 млрд кубометров газа, которая будет держаться до 2035 года при выполнении минимальной программы бурения. Это даст нам возможность загрузить первую очередь завода по сжижению газа.

Кроме того, такой люфт в 2 млрд кубометров позволяет нам создать некий резерв газа для возможного строительства завода по производству аммиака. Этот вопрос сейчас активно обсуждается, поскольку есть много заинтересованных сторон в реализации этой части проекта.

– Но еще в сентябре вы говорили, что рассматриваете вопрос строительства завода по производству аммиака после запуска второй линии СПГ, сейчас уже прорабатывается другой сценарий?

– Если на этапе запуска первой линии завода появятся соинвесторы и технологические партнеры, которые готовы приступить к строительству аммиачного производства, то почему нет? В первую очередь, это вопрос финансирования.

– А планы по строительству второй линии СПГ-завода сохраняются? Что станет ресурсной базой для нее?

– Для реализации второй очереди СПГ-завода нам нужно довести добычу газа до 28 млрд кубометров. Ресурсной базой и станут как раз Северный, Южный и Майский участки. Кроме того, мы планируем участвовать в аукционах. Один из них прошёл 7 декабря, по итогам которого мы выиграли лицензию на право пользования недрами в пределах Соболюхского участка в Якутии.

В ходе торгов развернулась острая борьба за газовые участки: было сделано от 169 до 310 шагов. Как показал сегодняшний аукцион, потенциал участков сильно недооценивается, так как речь идет об открытии новой нефтегазоносной провинции. Речь идёт не только о запасах, но и об уникальном географическом положении – близость к акватории Охотского моря и рынкам сбыта АТР. Большой интерес со стороны крупных компаний вокруг

участков в Якутии подтверждает тот факт, что «ЯТЭК» была права, первая начав ещё год назад покупку лицензий в этом регионе.

– Если на 2022 год вы закладываете точки бурения добывающих скважин на Толоне, то когда может начаться промышленная добыча?

– Пока у нас нет инфраструктуры для транспортировки газа на «большую землю». Среднесрочная стратегия компании предполагает строительство мощностей по сайклингу (обратной закачки газа в пласт – Э. П.) на Средневилу́йском и Толонском месторождениях. В дальнейшем нагнетательные скважины будут переключены на реверс и станут добычными. Так, на данный момент

Резервуары, п. Кысыл-Сыр, Якутия
Источник: «ЯТЭК»

суммарный дебет скважин на этих участках достигает порядка 3,5 млрд кубометров газа в год. После реализации проекта сайклинга мы выйдем на дебет в 7 млрд кубометров в годовом исчислении. И это половина пути к необходимому уровню добычи для первой очереди СПГ.

Дальше все будет зависеть от инфраструктуры. Запуск газопровода и первой очереди СПГ запланирован на 2027 год, и пока эти планы сохраняются.

– В сентябре этого года вы говорили о возможности увеличения запасов газа проекта до 2 трлн кубометров. За счет каких участков это возможно и когда?

– Согласно новой модели, Северный, Южный, Майский и Тымтайдахский участки

могут обеспечить до 574 млрд кубометров ресурсов газа к середине следующего года. В дальнейшем рост ресурсной базы будет идти за счет покупки новых участков.

Кроме того, на новых участках будут нефтяные оторочки на 65 млн тонн. Так что будем смотреть.

– Как идут переговоры с «Газпромом» и Минэнерго по вариантам экспорта СПГ?

– Переговоры продолжаются. Есть серьезные основания полагать, что у нас все получится с «Газпромом». Как я уже сказал, компании принадлежит Соболюх-Неджелинское месторождение, расположенное по соседству с нашими участками. Наиболее оптимальный вариант монетиза-



Объекты строительства «ЯТЭК»
Источник: «ЯТЭК»

ции его запасов – это использование нашей инфраструктуры, что дает основание верить в успех переговоров.

Но в любом случае, и тот, и другой сценарий (агентское соглашение с «Газпромом» или модель «НОВАТЭКа») имеют право на существование. В ближайшие месяцы, скорее всего, в первом квартале следующего года, мы рассчитываем выйти на готовое решение.

– Принято ли решение по источникам финансирования проекта? Какое направление признано наиболее привлекательным? Каковы параметры размещения акций на бирже (объемы, сроки)?

– Однозначно, это вопрос партнерства. Мы не будем делать всё сами, поскольку это дорогой и достаточно сложный проект. Поэ-

тому мы планируем формировать консорциум инвесторов. Уже сейчас есть целый ряд интересных: это и китайские, и европейские компании, и крупные международные концерны. Думаю, мы без труда консолидируем необходимый акционерный капитал.

Ресурсная база и многолетний опыт работы на наших месторождениях в Восточной Сибири в условиях низких температур и вечной мерзлоты нельзя назвать «гринфилдом». Это является привлекательным для инвесторов фактором.

– Интересуются портфельные инвесторы, или же есть партнеры, которые хотят долю в СПГ?

– Часть партнеров рассчитывают сделать финансовую инвестицию и получить соответствующую выгоду, а есть партнеры, которые хотят через участие в акционерном капитале получить долгосрочный гарантированный объем поставок природного газа.

Но сейчас мы в стадии переговоров, которые не спешим финализировать. Организация сайклинга природного газа в среднесрочной перспективе позволит нарастить объемы добычи, провести подготовку месторождения к запуску газопровода и дать значительный объем газа сразу после его запуска. При этом строительство самой трубы не является сверхсложной задачей. Это понятное инженерное сооружение. Для мощностей по сжижению выбрано решение на гравитационных платформах и крупномодульной сборке. Мы надеемся, что это даст инвестору большую определенность в реализуемости проекта.

– А как идет подготовка проекта завода СПГ?

– К настоящему времени уже сделан pre-feed проекта. Сейчас проводятся тендеры на проектирование трубопровода и мощностей по сжижению газа, выбраны технологии сжижения и тип строительства, проработаны все принципиальные технические решения и даже посчитан углеродный след сжиженного газа при поставке его в порты АТР.

Это очень интересное упражнение, особенно в свете зеленой повестки и перспектив введения трансграничного налогового регулирования. Получается, что у нас углеродный след при условии доставки до основных рынков Азиатско-Тихоокеанского региона ниже, чем у катарского СПГ, и более чем в два раза ниже, чем у американского СПГ. Это дает нам серьезное конкурентное преимущество при введении трансграничного углеродного налога.

– Рассматривает ли «ЯТЭК» строительство в рамках проекта газохимического комплекса и экспорта уже более дорогих продуктов газохимии?

– Мы прорабатывали разные варианты, но в итоге пришли к выводу, что наиболее эффективно сжигать газ. На этом варианте и остановились.

– А от строительства производства водорода вы решили отказаться?

– Мы изучаем все, что связано с производством, транспортировкой и потреблением водорода. Сейчас нет ни технологий, ни рынка для средне- и крупнотоннажного использования водорода. При этом неоднозначны эффекты в результате использования водорода при нынешнем уровне технологий. Известно, что неизбежные при работе с водородом утечки в атмосферу дают в разы больший парниковый эффект, чем аналогичное использование природного газа в качестве энергоносителя. Поэтому могу выразить свое мнение только в отношении транспортировки водорода: для этого сейчас может рассматриваться только аммиак. Здесь открываются перспективы, особенно с учетом близости целевых азиатских рынков. Все это будет отражено в долгосрочной стратегии компании.

– А когда она будет подготовлена и опубликована?

– Долгосрочная стратегия до 2035 года уже разработана. В начале 2022 года мы ее сможем опубликовать. Она будет детально расписана до 2027 года с перспективой до 2035 года.

УКПГ, п. Кысыл-Сыр, Якутия



Источник: «ЯТЭК»

– Кроме проектов в Якутии у «ЯТЭКа» есть два участка в Калмыкии. Каковы их перспективы? Для чего они компании с учетом негативного опыта работы в Калмыкии других компаний?

– Калмыцкие участки – это наше историческое наследие. Мы приняли решение вынести на совет директоров вопрос о разведке этих участков.

Эти структуры очень интересные. Многие компании проводили сейсмику в надсолевых структурах на глубине 2,5 км. На этой глубине мы четко видим газовые структуры, но они небольшие, с ресурсами всего в 10–15 млрд кубометров. Самое интересное находится на глубине в подсолевых структурах, где могут быть выявлены ресурсы по категории D, локализованные в объеме 1,3 трлн кубометров. Правда, построить скважину на глубину 6,5 км – дорогое удовольствие, может потребоваться порядка 3,5 млрд рублей.

В Калмыкии у нас два участка, и большое количество информации собрано по краям. Для уточнения данных необходимо завершить сейсмику в объеме 720 погонных км. И уже на основе полученной информации мы можем просчитать все геологические риски и заложить данные по бурению трех скважин. С этой информацией мы и планируем выйти на совет директоров.

Если там обнаружится 1 трлн кубометров газа, то мы найдем способы его монетизировать, если же только 100 млрд кубометров, то не стоит даже это затевать. Но джекпот может быть огромен.

Перспективы газовой отрасли Китая: сохранится ли «окно» возможностей для российского сырья?

Prospects for China's gas industry: will the «window» of opportunity for russian gas remain?

Алексей ГРОМОВ

Главный директор по энергетическому направлению, руководитель Энергетического департамента фонда «Институт энергетики и финансов», к. г. н.
e-mail: a_gromov@fief.ru

Alexey GROMOV

PhD in Economic Geography, Principal director on Energy Studies, Head of Energy Department, Institute for Energy and Finance
e-mail: a_gromov@fief.ru

Бронзовый лев в запретном городе (Гугун), Пекин

Источник: chungking / depositphotos.com



Аннотация. В статье проводится анализ актуальных тенденций и долгосрочных перспектив развития газовой отрасли Китая с учетом изменений в энергетической политике Китая и ожидаемых трендов в потреблении и добыче природного газа в этой стране. Особое внимание уделяется оценке перспектив увеличения добычи природного газа и производства низкоуглеродных газов в Китае, а также возможных долгосрочных потребностей КНР в импорте природного газа, в т. ч. из России.

Ключевые слова: природный газ, сланцевый газ, низкоуглеродный газ, китайская энергетическая политика, потребление, добыча, импорт природного газа.

Abstract. The article analyzes current trends and long-term prospects for the development of the gas industry in China, considering changes in China's energy policy and expected trends in natural gas consumption and production. Special attention is paid to assessing the opportunities for increasing natural gas production and production of low-carbon gases in China, as well as possible long-term needs of China for natural gas imports, including from Russia.

Keywords: natural gas, shale gas, low-carbon gas, Chinese energy policy, gas consumption, gas production, gas import needs.



Китайский рынок газа остается регулируемым, цены для населения устанавливаются государством, что приводит к дисбалансам в отрасли

В последнее десятилетие мы наблюдаем активное развитие газовой отрасли Китая, как с точки зрения увеличения внутреннего потребления природного газа, так и развития собственной добычи, в первую очередь, сланцевого газа, и увеличения импорта трубопроводного газа и СПГ.

По итогам девяти месяцев 2021 года Китай впервые в истории стал мировым лидером по импорту СПГ, обогнав по этому показателю Японию. Наряду с этим, в стране второй год подряд растет добыча природного газа (+10,4% за 9 мес. 2021 г.), главным образом, за счет бурного роста добычи сланцевого газа.

Природный газ рассматривается в КНР как важный элемент государственной энергетической политики, ориентирован-

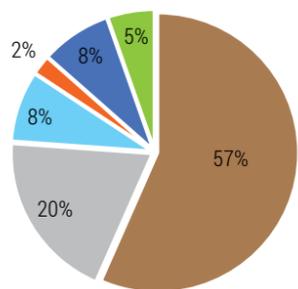


Текстильная фабрика, Харбин

Источник: zhanglianxun / depositphotos.com

ной на достижение целей углеродной нейтральности страны к 2060 году.

Вместе с тем, китайский рынок, по-прежнему, остается регулируемым и цены на газ для населения устанавливаются государством, что искажает объективную картину развития отрасли. Более того, в условиях отсутствия рыночного регулирования потребления газа в Китае проводимая властями политика по ускоренному переходу целого ряда регионов с угля на газ (в особенности на побережье) приводит к усилению дисбалансов развития газовой отрасли, которая пока не успевает за ростом потребительского



Уголь
Природный газ
Гидроэнергетика
Нефть и нефтепродукты
Атомная энергетика
ВИЭ (ветер, солнце и пр.)

Рис. 1. Доля природного газа в структуре потребления первичных энергоресурсов КНР, 2020 г.
Источник: ИЭФ по данным ВР
Statistical Review of World Energy, July 2021

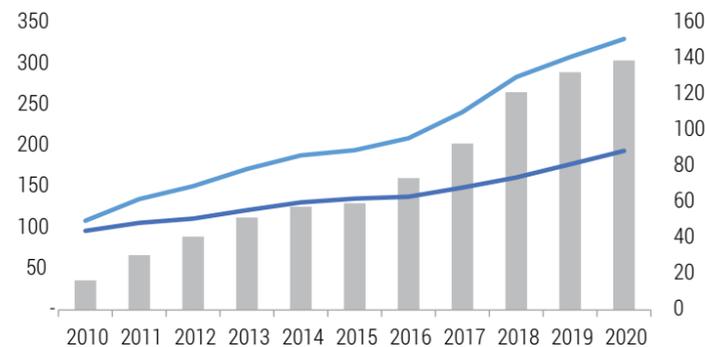
спроса и вынуждена наращивать импорт природного газа в условиях его ограниченного предложения.

Одним из ярких свидетельств этого стал энергетический кризис осени 2021 г., связанный с острой нехваткой электроэнергии в стране и обусловленный в том числе дефицитом природного газа и угля, который поставил много вопросов относительно будущих перспектив развития китайской газовой отрасли.

Роль газа в энергетике и политике Китая

Развитие газовой отрасли в Китае находится под пристальным вниманием государства. Так, в рамках 13-й пятилетки (2016–2020 гг.) руководство Китая ставило перед страной амбициозные цели по удвоению доли природного газа в структуре потребления первичных энергоресурсов с 5,9 до 10 %. Однако по итогам 2020 г. доля природного газа в топливно-энергетическом балансе Китая достигла лишь 8 % (рис. 1). Вместе с тем, потребление природного газа в стране за последние 10 лет выросло более чем в три раза, и по итогам 2020 г. составило 330,6 млрд кубометров (+7,2 % г/г) – рис. 2.

При этом в стране усиливается разрыв между собственной добычей и потреблени-



Импорт природного газа (пр. шкала)
Потребление природного газа
Добыча природного газа

Рис. 2. Добыча, потребление и импорт природного газа в КНР, 2010–2020 гг., млрд м³
Источник: ИЭФ по данным ВР
Statistical Review of World Energy, July 2021

ем газа, что увеличивает импортозависимость Китая от этого вида энергоресурсов. Так, если в 2010 г. доля импорта в структуре внутреннего потребления газа составляла 15 %, то в 2020 г. она выросла до 42 % и продолжает расти (рис. 2).

Также отметим, что в период с 2013 по 2020 г. в Китае были приняты сразу несколько политических документов, ориентированных на борьбу с загрязнением воздуха и стимулирующих использование природного газа экономикой этой страны (Air Pollution Prevention Action Plan (2013), Winter Clean Heating Plan (2017) и Blue Sky Action Plan (2018)).

В соответствии с данными документами в стране были установлены амбици-

Разрыв между собственной добычей и потреблением газа в Китае усиливается. Если в 2010 г. доля импорта газа составляла 15 %, то в 2020 г. она выросла до 42 % и продолжает расти

В 2019–2020 гг., после того как власти страны смягчили ограничения на использование угля, ежегодные темпы прироста спроса на газ в Китае вернулись на траекторию роста в 7–8 %

озные цели по сокращению потребления угля в большинстве провинций КНР, в том числе за счет увеличения потребления природного газа для отопления в городских агломерациях северных провинций Китая и столичного региона, а также за счет целенаправленного перевода китайской промышленности с угля на природный газ в качестве не только сырья, но и топлива. В совокупности это должно было привести к увеличению потребления газа в КНР до 376 млрд м³ к 2020 г., тогда как в рамках 13-го пятилетнего плана такой сценарий роста потребления газа рассматривался как максимальный.

Химический завод. Чжайцзян, Китай

Источник: dspguy / depositphotos.com



Энергокризис в Китае конца лета – начала осени 2021 г. наглядно показал, что в стране сохранились проблемы с соответствием плановых целей китайских властей и реалий мировой экономики

Тем не менее, энергетический кризис в Китае конца лета – начала осени 2021 г. наглядно показал, что в стране сохранились проблемы с соответствием плановых целей китайских властей и реалий мировой и китайской экономики, которые отразились в очередном росте закупочных цен на газ и последовавшими за ними перебоями в работе промышленности и электроэнергетики.

В августе 2021 г. на фоне резкого роста цен на импортруемый в страну СПГ была временно сокращена, а в некоторых регионах и частично приостановлена работа промышленных предприятий, использующих природный газ в качестве источника сырья или топлива (стекольно-керамическая, целлюлозно-бумажная, сталелитейная, текстильная и пищевая промышленность). Позднее, в сентябре 2021 г. Китай столкнулся с нехваткой электроэнергии, обусловленной в том числе высокими ценами на импортруемый СПГ на фоне сохранения низких регулируемых цен на электроэнергию для конечных потребителей. Ограничения на потребление электроэнергии были введены в 19 из 31 административных районов Китая. В некоторых провинциях перебои с поставками привели к остановкам промышленных предприятий на срок от 4 до 10 дней.

Таким образом, несмотря на то, что Китай, по-прежнему, рассматривает природный газ как важный элемент в политике по сокращению выбросов парниковых газов и борьбе с загрязнением воздуха, опыт энергетических кризисов 2017–2018 гг. и 2021 г., обусловленных острой нехваткой газа для нужд внутреннего потребления, существенно повлиял на энергетическую политику КНР в этой сфере.

Так, в принятом в марте 2021 г. 14-м пятилетнем плане экономического раз-

вития страны (2021–2025 гг.) исчезли целевые задачи по увеличению доли природного газа в топливно-энергетическом балансе страны, а первоочередным приоритетом энергетической политики стало стремление к обеспечению энергетической безопасности путем постепенной ликвидации зависимости от зарубежных энергоресурсов и технологий путем первоочередной реализации собственного энергетического потенциала (в т. ч. в сфере добычи природного и, в особенности, сланцевого газа).

Наконец, в октябре 2021 г. Национальная комиссия по развитию и реформам КНР (NDRC) представила план действий по достижению пика выбросов CO₂ к 2030 году (Action Plan for Carbon Dioxide Peaking Before 2030), в котором отразила роль природного газа в этом процессе в ближайшие 10 лет.

Согласно этому документу, к 2030 г. удельные выбросы CO₂ (в расчете на единицу ВВП) должны снизиться на 65 % от уровня 2005 г., а доля нетопливной энергетики (ГЭС, ВИЭ и АЭС) – вырасти до 25 % в структуре китайского топливно-энергетического баланса. При этом, газу отведена более скромная роль, чем в предыдущих документах китайской энергетической политики.

В документе отмечается, что власти Китая будут продолжать регулировать потребление природного газа с целью его оптимального использования в экономи-

Китайские специалисты компании Yiwu Natural Gas Co
Источник: Chinalimages / depositphotos.com

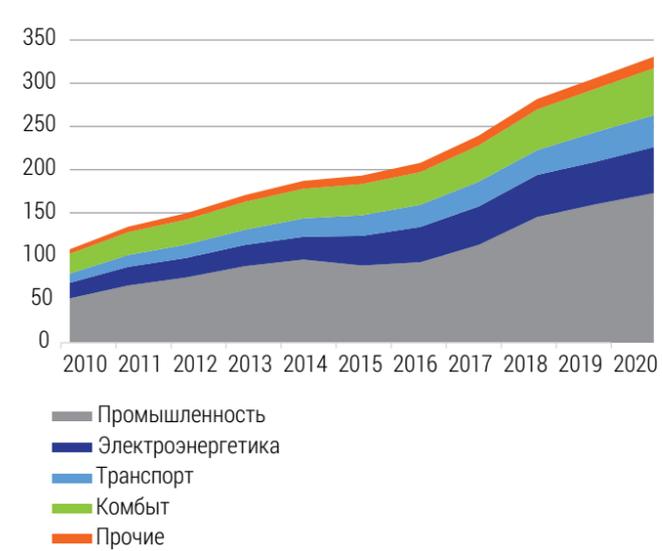


Рис. 3. Динамика потребления природного газа по секторам экономики КНР, 2010–2020 гг., млрд м³
Источник: ИЭФ по данным China Energy Statistical Yearbook 2020

ке и первоочередного удовлетворения общественных нужд. Будет продолжена политика замещения использования угля в промышленности природным газом и электроэнергией, а новые газовые электростанции будут строиться из расчета необходимости покрытия пиковых нагрузок в электроснабжении, где приоритет будет отдаваться первоочередному развитию ВИЭ, АЭС и угольных ТЭС, использующих технологии «чистого угля». В химической промышленности власти будут, по-прежнему, содействовать рациональному переходу с угля на газ в качестве сырья, в транспортном секторе будет поддерживаться использование СПГ в качестве топлива для автотранспорта и судов.

В результате, следует признать, что дальнейшее развитие газовой отрасли в КНР, по-видимому, будет определяться сразу несколькими факторами, в т. ч.:

- темпами завершения рыночных преобразований на китайском внутреннем рынке, что позволит государству уйти от прямого регулирования цен на газ для конечных потребителей, которое, зачастую, сводится к их прямому субсидированию;
- темпами развития собственной добычи природного и, в особенности, сланцевого газа, которая позволит смягчить остроту проблемы обеспе-



Рис. 4. Структура потребления природного газа по секторам экономики КНР, 2020 г., %
Источник: ИЭФ по данным China Energy Statistical Yearbook 2020

чения энергетической безопасности КНР и нестабильности конъюнктуры региональных цен на импортруемый трубопроводный газ и в особенности на СПГ;

- изменением роли газа как дополнительного (страхующего) инструмента в политике по достижению углеродной нейтральности страны к 2060 г., которая будет основана на опережающем развитии нетопливной энергетики.

Актуальные тенденции потребления природного газа в КНР

В настоящее время динамика потребления природного газа в Китае обладает ярко выраженной отраслевой и региональной спецификой.

В структуре его потребления по отраслям экономики (рис. 3) доминирует использование в качестве сырья и топлива для промышленности (52 %), на долю электроэнергетики и ЖКХ приходится по 16 % от общего объема конечного потребления газа, на транспорт (включая трубопроводный) – 11 % (рис. 4).

При этом, если среднегодовые темпы роста потребления газа (CAGR) в стра-

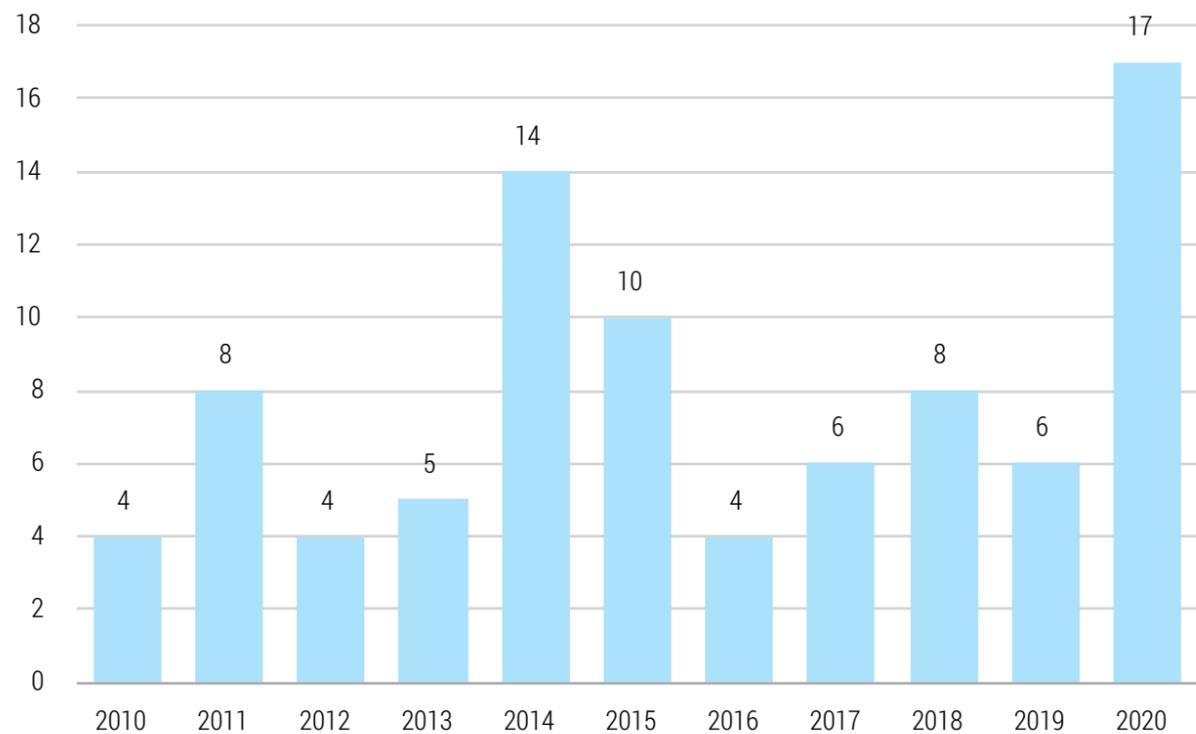


Рис. 5. Динамика ввода новых мощностей газовых ТЭС в КНР, 2010–2020 гг., ГВт

Источник: ИЭФ по данным China Electricity Council



Рис. 6. Динамика установленной мощности газовой генерации КНР, 2010–2020 гг., ГВт

Источник: ИЭФ по данным China Electricity Council

не в 2010–2020 гг. составили 10,7 %, то потребление газа в промышленности (CAGR – 11,7 %) и, в особенности, на транспорте (CAGR – 11,9 %) росло более высокими темпами, а вот потребление газа домохозяйствами и электроэнергетикой, наоборот, отставало от общих темпов роста спроса на газ.

Высокие темпы потребления газа в транспортном секторе КНР связаны не только с увеличением протяженности и мощности газотранспортных и газораспределительных сетей, но и с развитием

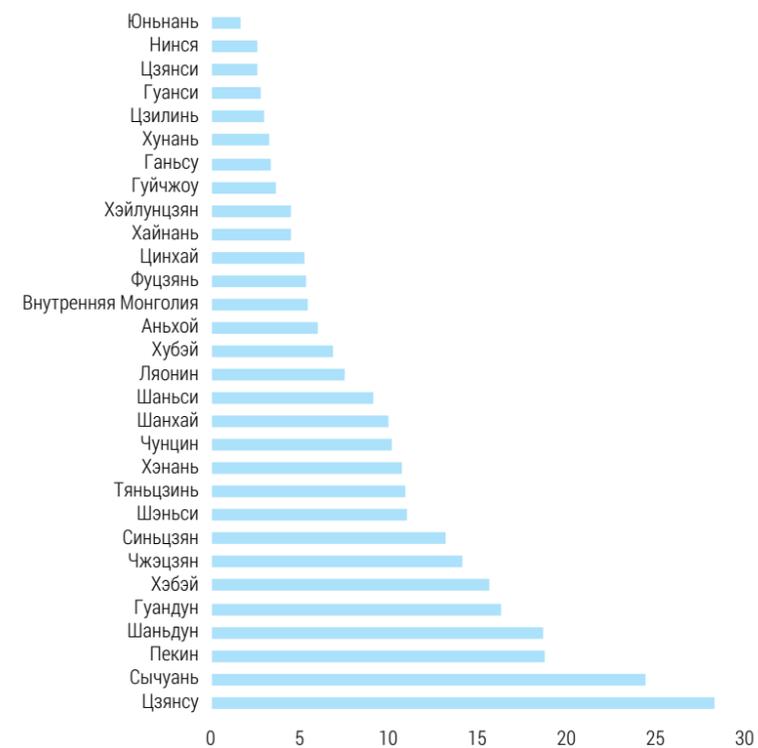


Рис. 7. Структура потребления природного газа по провинциям (без учета данных по Тибету) КНР, 2019, млрд м³
Источник: ИЭФ по данным China Energy Statistical Yearbook 2020

ние 10 лет их доля выросла незначительно на фоне, в частности, очень бурного развития ветряной и солнечной энергетики. Так, если в 2010–2020 гг. установленная мощность газовых электростанций выросла в 4 раза (с 26 до 107 ГВт), то мощности ветряной энергетики – в 9 раз (с 29 до 280 ГВт), а солнечной – более чем в 800 (!) раз (с 0,3 до 250 ГВт) – рис. 5 и 6.

Структура потребления природного газа в КНР в разрезе крупных макрорегионов и провинций носит крайне неоднородный характер (рис. 7 и 8) и зависит от целого

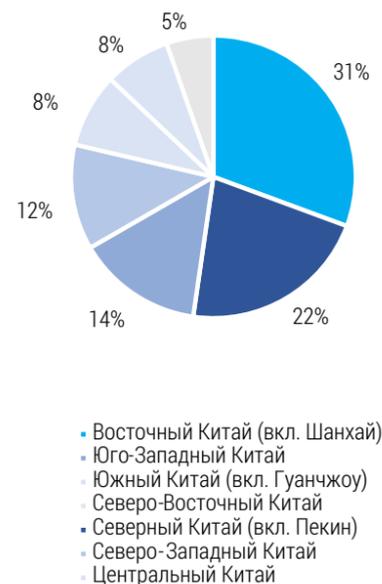


Рис. 8. Структура потребления природного газа по регионам (без учета данных по Тибету) КНР, 2019 г., %
Источник: ИЭФ по данным China Energy Statistical Yearbook 2020

грузового автотранспорта, использующего СПГ в качестве моторного топлива.

Особенностью динамики внутреннего потребления газа в КНР является относительно слабый прирост его использования в электроэнергетике.

В настоящее время на долю газовой генерации приходится лишь 5 % от общего объема установленных генерирующих мощностей в Китае, при этом за послед-

ряда факторов, а именно: наличия собственных ресурсов природного газа, доступа к магистральным газопроводам и регазификационным терминалам по приемке СПГ, а также особенностей включения тех или иных провинций Китая в т. н. зоны «голубого неба», где введены запреты или ограничения на строительство новых угольных электростанций и использование угля.



Газопровод «Запад – Восток»

Источник: mavego.ru

Так, основные объемы потребления природного газа приходятся на провинции Восточного Китая (31 % от общего объема потребления в стране), на побережье которого расположена большая часть регазификационных терминалов по приемке СПГ. Отметим также, что ведущий экономический центр региона г. Шанхай является конечным пунктом магистральной транспортировки газа из провинций Северо-Западного Китая по газопроводу «Запад – Восток», а в большей части прибрежных провинций региона (дельта р. Янцзы) действуют ограничения на использование угля.

Если среднегодовые общие темпы роста потребления газа в КНР в 2010–2020 гг. составили 10,7%, то потребление газа в промышленности и на транспорте было выше и составляло 11,7 и 11,9%

Большие объемы потребления природного газа также характерны для Северного Китая (22 %), главным образом, из-за концентрации его потребления в столичном регионе (Пекин – Тяньцзинь – Хэбэй), где также действуют самые строгие ограничения на использование угля и существует развитая инфраструктура для доставки природного газа, как магистральным трубопроводным транспортом, так и в виде СПГ.

Отметим также, что в 2010–2020 гг. основная часть новых газовых электростанций в КНР была построена именно в прибрежных провинциях Восточного, Северного, а также Южного Китая, тогда как в других провинциях страны развития газовой электроэнергетики практически не происходило.

Значительные объемы потребления природного газа в Юго-Западном (14 %) и Северо-Западном (12 %) Китае объясняются тем, что именно в этих регионах сосредоточены основные центры добычи природного газа в материковой части Китая (провинция Сычуань и Синьцзян-Уйгурский автономный округ соответственно).

Рост потребления газа в Южном Китае объясняется также включением части провинций региона в зону «голубого неба», свободную от использования угля (дельта р.

Жемчужная) и бурным строительством в регионе терминалов по приемке СПГ.

Наиболее скромные показатели по потреблению природного газа характерны для провинций Северо-Восточного Китая (5 % от общего потребления в КНР), которые удалены от основных регионов его добычи и ключевой инфраструктуры по его доставке. Однако именно на эти провинции, а также на столичный регион, ориентированы поставки российского трубопроводного газа по газопроводу «Сила Сибири», которые начались в декабре 2019 г. Очевидно, что после выхода российского газопровода на проектную мощность в 38 млрд м³ газа в год к 2024–2025 гг. объемы потребления природного газа в этом регионе также значительно возрастут.

Оценка будущего спроса на природный газ в Китае

Прогнозировать будущий спрос на газ в КНР в настоящее время сложно, учитывая незавершенность рыночных преобразований в отрасли, а также, понимая, что государство через ценовое регулирование и разработку различных требований

За счет включения в зону «голубое небо» в Южном Китае растет потребление бытового газа

Источник: offgridweb.com



Особенностью внутреннего потребления газа в КНР является относительно слабый прирост его использования в электроэнергетике. На долю газа приходится лишь 5% от общего объема генерации

по достижению тех или иных индикативных показателей (в части снижения выбросов CO₂ или перехода с угля на газ в промышленности) может оказывать серьезное управляющее воздействие на внутренний спрос на газ, искажая объективно складывающуюся картину.

В связи с этим, для оценки будущего спроса на природный в КНР мы исходим из следующих предположений:

- в период 2021–2030 гг. высокая вероятность сохранения текущего тренда потребления природного газа, что косвенно подтверждается недавно принятыми документами

энергетического планирования (14-й пятилетний план и план действий по достижению пика выбросов CO₂ к 2030 г.) – рис. 9;

- в период после 2030 г. серьезное замедляющее воздействие на спрос будет оказывать активная политика властей, направленная на достижение углеродной нейтральности к 2060 г., которая будет обеспечиваться через стимулирование спроса, в том числе замещающего,

опубликованные сценарии МЭА до 2040 года предполагают значительное замедление роста спроса на газ в КНР уже в период до 2030 года, а в дальнейшем – даже его сокращение до уровня 2020 года (рис. 11).

Расхождения на более позднем горизонте в оценках будущего спроса на газ в КНР обусловлены предположением МЭА о насыщении китайского газового рынка в период после 2030 г. в условиях заявленной цели о достижении углеродной нейтральности страны к 2060 г. и ожидае-

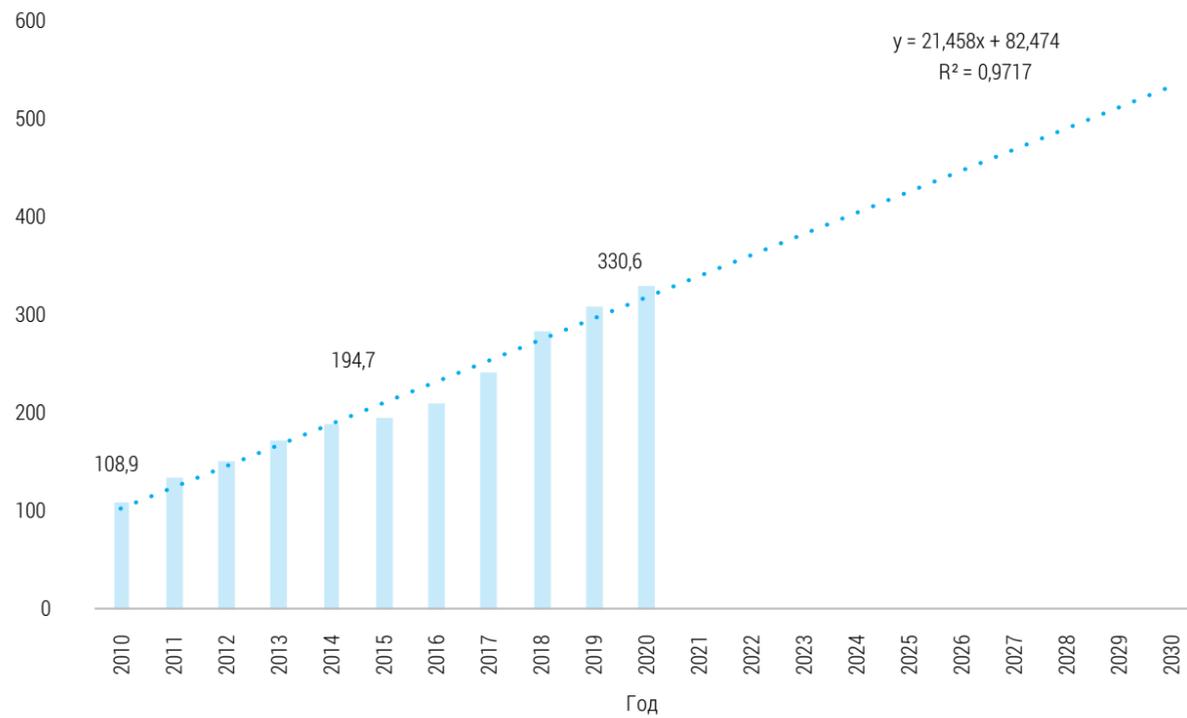


Рис. 9. Прогноз потребления природного газа в КНР, 2021–2030 гг., млрд м³

Источник:
расчеты ИЭФ

на низкоуглеродную энергию (электроэнергию на базе ВИЭ, водород и пр.) – рис. 10.

В соответствии с полученными оценками, при сохранении до 2030 г. текущих трендов потребления природного газа, спрос на него может вырасти до 525 млрд м³ к 2030 г., а затем будет последовательно замедляться и достигнет около 600 млрд м³ к 2040 году.

Оценки ИЭФ в целом близки видению CNPC (2019 г.), а также так называемому «быстрому сценарию энергетического перехода» (англ. Rapid Scenario), опубликованному компанией BP в 2021 году. Однако недавно

мом соответствующим ужесточению климатической политики КНР.

Однако в заключение данного раздела еще раз подчеркнем, что решающее воздействие на будущее спроса на газ в Китае будет оказывать не только эффективность китайской энергетической политики по достижению углеродной нейтральности к 2060 году, но и развитие собственной добычи природного газа, а также производства низкоуглеродных видов газа, поскольку Китай болезненно относится к перспективам дальнейшего увеличения своей зависимости от импорта энергоресурсов.

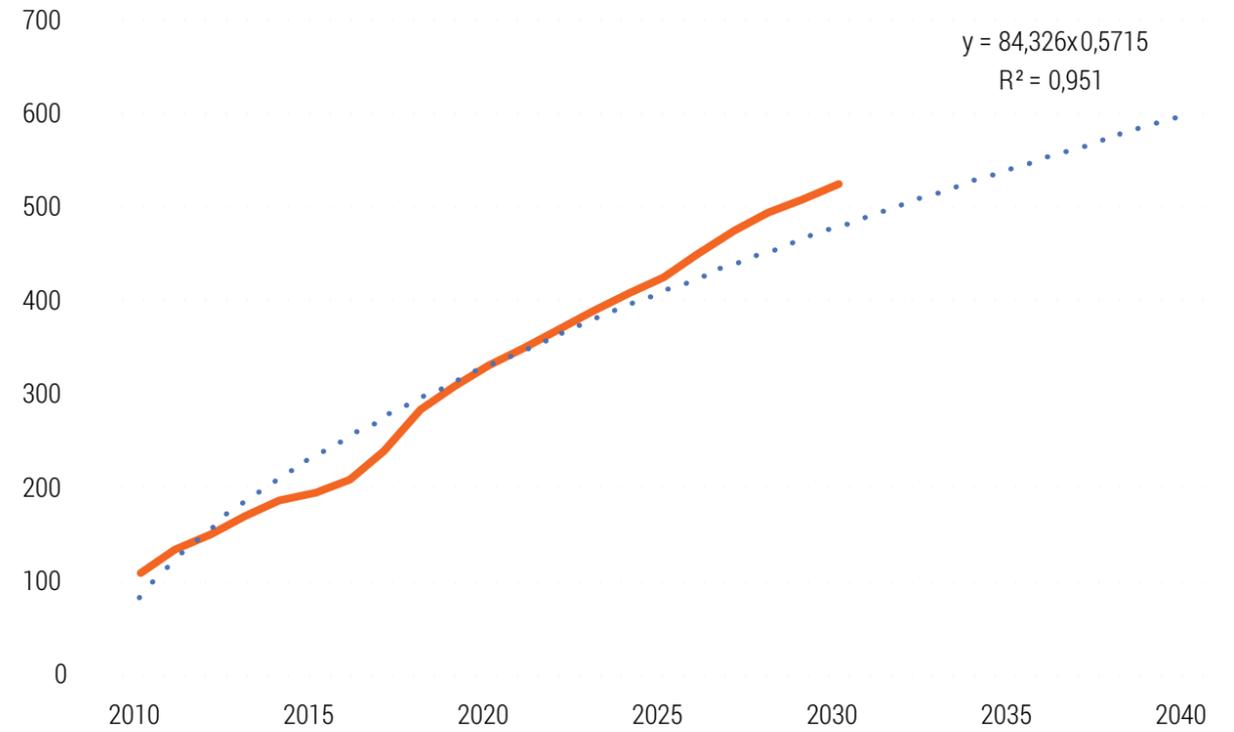


Рис. 10. Прогноз потребления природного газа в КНР, 2031–2040 гг., млрд м³

Источник:
расчеты ИЭФ

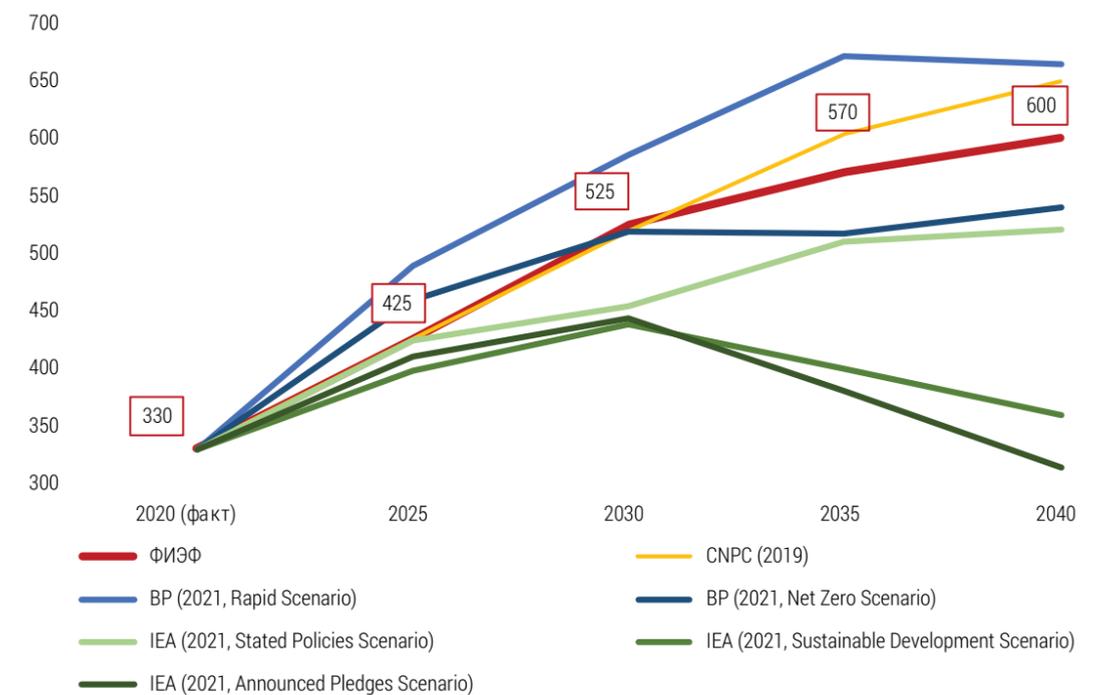


Рис. 11. Сравнительный анализ прогнозов потребления природного газа в КНР, 2021–2040 гг.

Источники: расчеты ИЭФ, BP World Energy Outlook 2021, WEO 2021 (IEA), CNPC World and China Energy Outlook 2019

Тип природного газа	Геологические ресурсы, трлн м ³	Технически извлекаемые запасы, трлн м ³
Конвенциональный природный газ	68	48
Сланцевый газ	134	26
Метан угольных пластов	37	11
Газогидраты	102	-
ВСЕГО	341	85

Таблица 1. Ресурсы и запасы различных типов природного газа в КНР

Источник: China Ministry of Land and Resources, November 2017, The China University of Petroleum 2019

Актуальные тенденции добычи природного газа в КНР

Ресурсы и запасы природного газа в КНР. По оценке Министерства земельных и природных ресурсов КНР, проведенной еще в 2013 г., технически извлекаемые ресурсы природного газа всех типов составляют 76 трлн м³, из которых основной объем приходится на ресурсы конвенционального природного газа и сланцевого газа. В 2019 г., по данным Китайского нефтяного университета, эти оценки были увеличены до 85 трлн м³ (таблица 1).

По оценкам ВР, доказанные запасы конвенционального природного газа в Ки-

тае в 2020 году составили 8,4 трлн м³, при этом за период 2010–2020 гг., они выросли более чем в 3 раза, что свидетельствует о возросшей активности китайских нефтегазовых компаний в проведении геолого-разведочных работ.

Основные ресурсы конвенционального газа в КНР сосредоточены в бассейнах северо-западной части страны (Таримский, Джунгарский), в центре страны (Ордос), а также в провинции Сычуань и на континентальном шельфе. При этом следует отметить, что в последние годы сообщения о новых крупных геологических открытиях КНР в сфере обнаружения новых запасов конвенционального природного газа стали приходить все чаще.

Рис. 12. Добыча различных типов природного газа в КНР, 2010–2020 гг., млрд м³

Источник: ИЭФ по данным CNPC

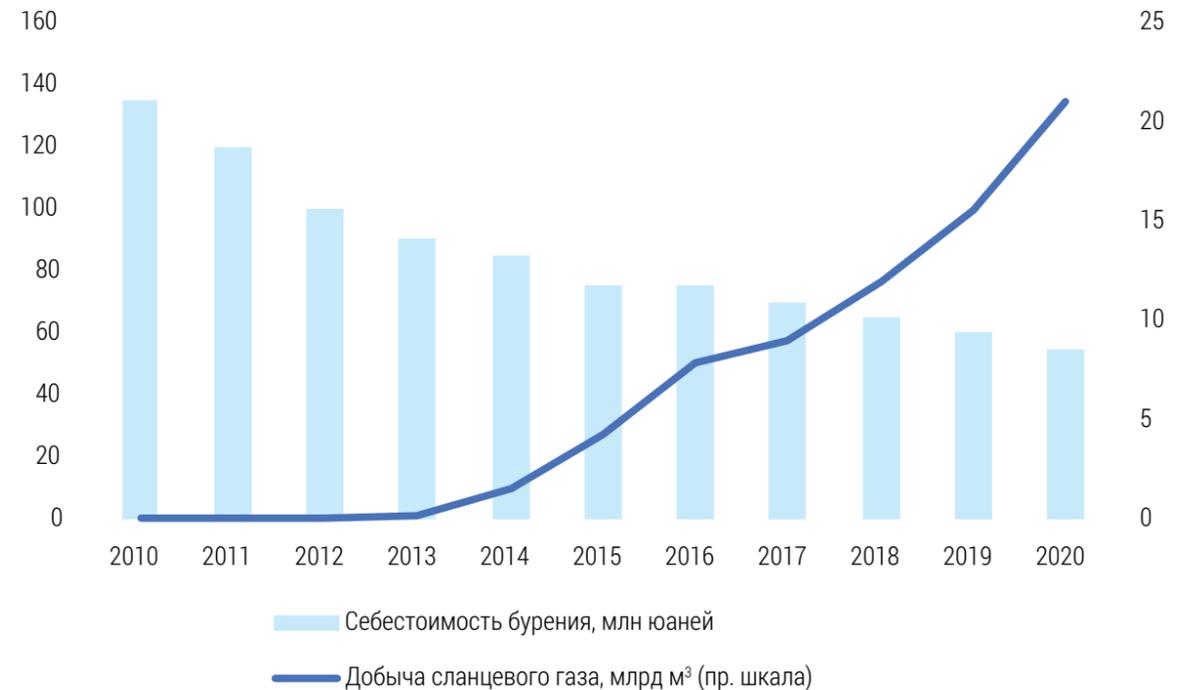
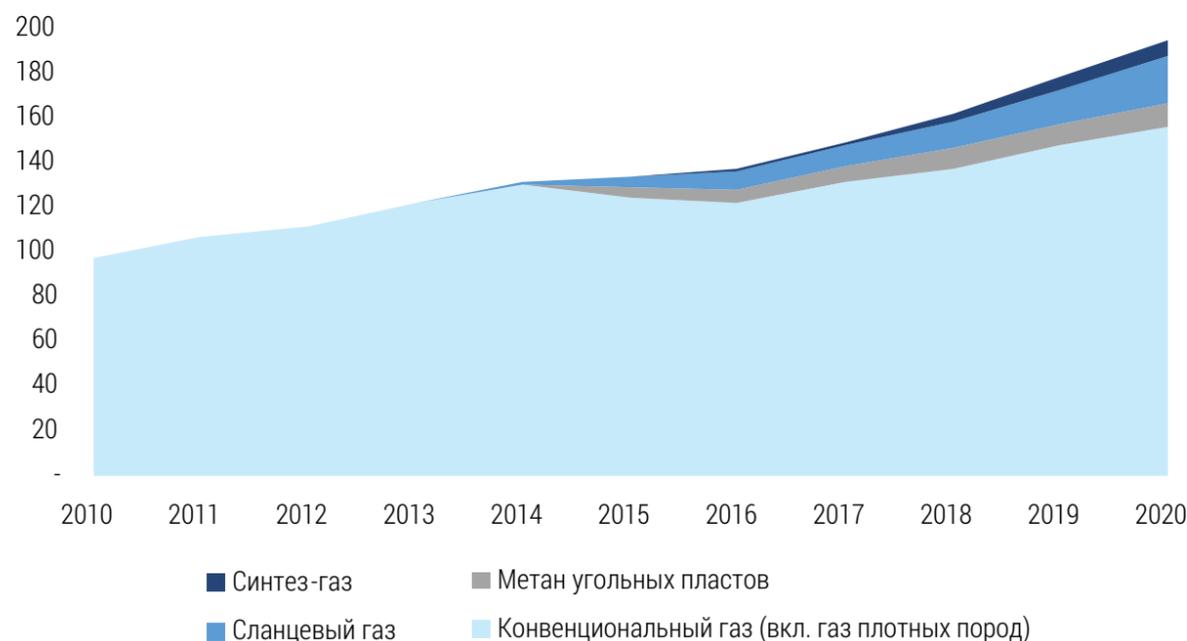


Рис. 13. Динамика себестоимости бурения и объемов добычи сланцевого газа в КНР, 2010–2020 гг.

Источник: ИЭФ по данным CNPC

Несмотря на большую величину геологических ресурсов метана угольных пластов (36,8 трлн м³), его доказанные запасы значительно меньше – 285 млрд м³. Основные ресурсы метана угольных пластов сосредоточены в бассейне Циньшуй в окрестностях Пекина и в бассейне Ордос в центральной части страны.

Однако наибольшее внимание приковано к ресурсам китайского сланцевого газа, которые, по различным оценкам, являются крупнейшими в мире и составляют от 25,9 до 31,6 трлн м³.

При этом благодаря активным геолого-разведочным работам в провинции Сычуань, которая является основным центром залегающих китайского сланцевого газа, его доказанные запасы неуклонно растут. Так, если еще в 2013 г. в Китае не было официально подтвержденных доказанных запасов сланцевого газа, то по состоянию на 2020 г. они оценивались уже на уровне 1,8 трлн м³.

Добыча природного газа. По итогам 2020 г. собственная добыча природного газа в КНР составила 194 млрд м³ в год (+9,0 % г/г). Всего за период с 2010 по 2020 г. она выросла почти в 2 раза, увеличившись более чем на 97 млрд м³ в год (рис. 12).

Существенный рост добычи природного газа в стране, наблюдаемый с 2017 г.,

во-многом, обусловлен усилиями Китая по развитию добычи газа из плотных пород (25 % от общего объема добычи конвенционального газа по итогам 2020 г.), сланцевого газа и, в меньшей степени, метана угольных пластов.

Отметим, что китайские власти проводят политику по стимулированию добычи природного газа из разных источников. Так, в 2018 г. правительство страны снизило налог на добычу сланцевых нефти и газа на 30 %. Пониженная ставка будет действовать до 2023 года.

Кроме того, в 2018 г. Китай объявил о создании полностью отечественной технологической цепочки добычи слан-

После 2030 г. серьезное замедляющее воздействие на спрос на газ будет оказывать политика Китая по достижению углеродной нейтральности к 2060 г., которая будет стимулировать спрос на ВИЭ

цевого газа, адаптированной под местные природно-климатические (дефицит водных ресурсов для проведения гидроразрыва пласта) и горно-геологические (повышенная сейсмичность и большая глубина зоны залегания сланцевых плев) условия. В частности, согласно заявлению представителя компании Sinopet, которая является оператором крупнейшего в стране месторождения сланцевого газа Фулин (Fuling) в провинции Сычуань, в стране имеются все возможности для бурения горизонтальных скважин и проведения операций гидроразрыва пласта (ГРП) на глубине до 3500 м, а в некоторых районах – до 4000 м. Также в Китае предварительно сформирована технологическая система по разведке и добыче сланцевого газа, отвечающая местным геологическим условиям.

В результате, объем добычи сланцевого газа в стране превысил 21 млрд м³ (+39,8 % г/г) по итогам 2020 г., что, тем не менее, не позволило достичь целевого показателя 13-й пятилетки в 30 млрд м³.

Учитывая, что Китай занимает первое место в мире по технически извлекаемым ресурсам сланцевого газа, располагает собственной полноценной технологической цепочкой его добычи и прилагает немало усилий по снижению себестоимости производства¹ (рис. 13), можно предположить, что страна способна сохранить высокие темпы прироста добычи сланцевого газа в ближайшие годы.

Учитывая, что Китай занимает первое место в мире по извлекаемым ресурсам сланцевого газа, можно предположить, что страна сохранит высокие темпы прироста его добычи в ближайшие годы

В Китае стимулируется добыча метана угольных пластов, однако цели 13-й пятилетки в 2020 г. также не были достигнуты (10 млрд м³ против запланированных

¹ По данным Wood Mackenzie, в начале 2021 г. себестоимость бурения и заканчивания одной скважины на сланцевый газ в Китае составляла \$9 млн (для сравнения в США этот показатель составляет, в среднем \$5–7 млн).



ЛЭП в Северном Китае
Источник: fototelegraf.ru

14 млрд м³). Причиной стала низкая продуктивность добывающих скважин, снижающих экономическую привлекательность этого направления газодобычи для китайских компаний.

Китай также производит синтетический газ из угля (синтез-газ), который в 2020 г. обеспечил чуть больше 2 % от общего объема производства газа в Китае. Проекты в области синтетического газа предусматривают газификацию угля в метан в богатых углем провинциях, таких как Внутренняя Монголия, Синьцзян и Шаньси.

Оценка перспектив увеличения добычи газа и производства низкоуглеродных газов

Большинство энергетических агентств и компаний сходятся во мнении, что добыча природного газа в Китае продолжит свой рост, но, по-прежнему, не сможет покрывать растущее внутреннее потребление газа.

При этом в перспективе ближайших 20 лет добыча газа в Китае вряд ли превысит 325–330 млрд м³.

Таким образом, если сравнить актуальные прогнозы добычи и потребления газа в Китае, то его производство на период до 2040 года вряд ли существенно образом снизит текущий уровень зависи-

мости Китая от импорта газа, за исключением сценариев экстремально низкого спроса, предложенных экспертами МЭА в 2021 году (Announce Pledges и Sustainable Development Scenarios – рис. 11).

Здесь, правда, следует отметить консервативность приведенных прогнозов в отношении перспектив добычи сланцевого газа в Китае, которые не допускают возможности резкого увеличения его производства в стране в обозримой перспективе даже до заявленных правительством планов в 100 млрд м³ к 2030 г.

Наиболее оптимистичными в отношении перспектив добычи сланцевого газа в КНР выглядят прогнозы китайской нефтегазовой компании CNPC и консалтинговой компании Wood Mackenzie, которые считают возможным увеличение его добычи к 2040 г. до 70 и 88 млрд м³ в год соответственно. Вместе с тем китайские источники в лице представителей NDRC, Sinopet и связанных с ними научно-исследовательских институтов по-прежнему рассчитывают на серьезный прорыв в развитии сланцевой отрасли в период 14-й пятилетки (2021–2025 гг.) и предсказывают, что добыча газа в Китае уже в ближайшие 5 лет вырастет до 240–250 млрд м³, из которых до 50 млрд м³ будет приходиться на добычу сланцевого газа².

² См. Yanxu Zhang, Haikun Wang, Yun Han, Danhan Wang, Ge Zhu, Xi Lu, Shale gas development in China // Environment International 141 (2020).

Перебои с электричеством в Китае
Источник: drive2.ru



Еще одной зоной неопределенности являются перспективы развития производства низкоуглеродных газов³ в КНР.

Динамика спроса на газ в КНР будет иметь два этапа. В 2021–2030 гг. он вырастет в 1,5–1,6 раза к 2020 г. В 2031–2040 гг. начнется насыщение рынка, рост спроса составит 14–15 % к 2030 г.

В последнее время Китай уделяет пристальное внимание исследованиям в области оценок перспектив будущего производства низкоуглеродных газов, которые являются одним из наиболее многообещающих долгосрочных решений для декарбонизации китайской экономики. Они позволяют не только замещать уголь в топливно-энергетическом балансе страны, но и снизить ее зависимость от импорта природного газа, а также сохранить возможность использования газотранспортной инфраструктуры.

В соответствии с China Renewable Energy Outlook 2019, Китай обладает существенным потенциалом, как в сфере производства биометана, так и в сфере производства низкоуглеродного газа в рамках развития технологии «электроэнергия в газ» (англ. Power-to-Gas), когда в результате щелочного электролиза с использованием электроэнергии ВИЭ можно получать как водород, так и низкоуглеродный газ (через реакцию метанирования или через прямое улавливание CO₂ из атмосферы).

По данным китайских исследователей⁴, совокупный потенциал производства низкоуглеродных газов в КНР к 2030 г. составляет 3,5 ЭДж (примерно 98 млрд м³), а к 2040 г. – 4,5 ЭДж (примерно 126 млрд м³).

Таким образом, основная зона неопределенности в оценке будущих потребностей

³ В категорию низкоуглеродных газов обычно включают биометан, биосинтетический метан, водород и низкоуглеродный синтез-газ.

⁴ См. Jinrui Zhang, Hans Meerman, Rene Benders, Andre Faaij, Potential role of natural gas infrastructure in China to supply low-carbon gases during 2020–2050 // Applied Energy 306 (2022) 117989.



Регазификационный терминал в Китае

Источник: chinastocks.net

КНР в дополнительных объемах импорта газа, в том числе из России, лежит в сегменте внутренней добычи и производства газа в Китае.

Оценки возможных долгосрочных потребностей КНР в импорте газа

По оценке ИЭФ, представляется весьма вероятным, что динамика спроса на газ в КНР будет иметь два ярко выраженных этапа в своем развитии:

- 1) 2021–2030 гг.: сохранение текущих трендов роста спроса на газ (увели-

чение спроса в 1,5–1,6 раза к уровню 2020 г.);

- 2) 2031–2040 гг.: постепенное насыщение внутреннего газового рынка на фоне реализации энергетической политики по достижению углеродной нейтральности к 2060 году (рост спроса на 14–15 % к уровню 2030 г.).

При этом также существует вероятность реализации более пессимистичных прогнозов роста спроса на газ в КНР, представленных МЭА осенью 2021 г., которые могут воплотиться в реальность в случае более активной климатической политики страны по достижению углеродной нейтральности к 2060 году.

Таблица 2. Характеристики сценариев (в зависимости от возможностей Китая по обеспечению внутреннего спроса)

Источник:
ФИЭФ

	«Базовый сценарий»	«Сланцевая революция»	«Низкоуглеродный прорыв»	«Новый газовый баланс»
Добыча сланцевого газа, млрд м ³	60 – к 2030 г. 80 – к 2040 г.	100 – к 2030 г. 160 – к 2040 г.	60 – к 2030 г. 80 – к 2040 г.	80 – к 2030 г. 100 – к 2040 г.
Добыча природного газа (кр. сланцевого газа), млрд м ³		220 – к 2030 г. 245 – к 2040 г.		
Производство низкоуглеродных газов	нет	нет	98 – к 2030 г. 126 – к 2040 г.	50 – к 2030 г. 80 – к 2040 г.
Вероятность реализации	Высокая	Низкая	Низкая	Средняя

Сценарий «Новый газовый баланс» предполагает достижение КНР официально поставленной цели по добыче сланцевого газа в 80 млрд м³ к 2030 г. и развитие производства низкоуглеродных газов

Однако энергетический кризис на внутреннем рынке Китая осенью 2021 г., а также осторожная официальная позиция КНР на международном климатическом саммите в Глазго (COP26), заставляют нас предполагать, что Поднебесная будет вести более рациональную внутреннюю энергетическую политику, соблюдая баланс между интересами национальной энергетической безопасности и перспективными целями достижения углеродной нейтральности.

Таким образом, высока вероятность, что к 2030 г. общий спрос на газ в КНР вырастет до 525 млрд м³, а к 2040 г. – до 600 млрд м³.

Значительно больше неопределенностей связано с возможностями Китая по обеспечению внутреннего спроса на газ, причем как в части перспектив развития собственной добычи, в особенности сланцевого, так и в части реализации потенциала страны в сфере производства низкоуглеродных газов.

С учетом вышеизложенных неопределенностей в части возможностей Китая по обеспечению внутреннего спроса на газ ИЭФ были разработаны четыре возможных сценария долгосрочных потребностей КНР в импорте природного газа: «Базовый сценарий», «Сланцевая революция», «Низ-

коуглеродный прорыв» и «Новый газовый баланс» (таблица 2).

Основные различия между сценариями состоят в оценке возможностей Китая по технологическому прорыву в добыче сланцевого газа (сценарий «Сланцевая революция»), а также в эффективной реализации имеющегося у Китая потенциала в сфере производства низкоуглеродных газов (сценарий «Низкоуглеродный прорыв»).

«Базовый сценарий» исходит из допущения, что развитие добычи газа в Китае в ближайшие 20 лет будет происходить без каких-либо революционных изменений с постепенным наращиванием доли слан-

Регазификационный терминал в Китае

Источник: wgoqatar.com



цевого газа до 25 % в общем объеме добычи газа к 2040 г., при этом производство низкоуглеродных газов не будет играть существенной роли в газовом балансе КНР.

Сценарий «Новый газовый баланс» предполагает возможность достижения Китаем минимальной официально поставленной цели по добыче сланцевого газа (80 млрд м³ к 2030 г.), а также постепенное развитие производства низкоуглеродных газов (до 80 млрд м³ к 2040 г.).

Каждый из рассмотренных сценариев в условиях одинакового для всех прогноза будущего спроса на газ предполагает разный уровень потребности КНР в импорте природного газа. Он является максималь-

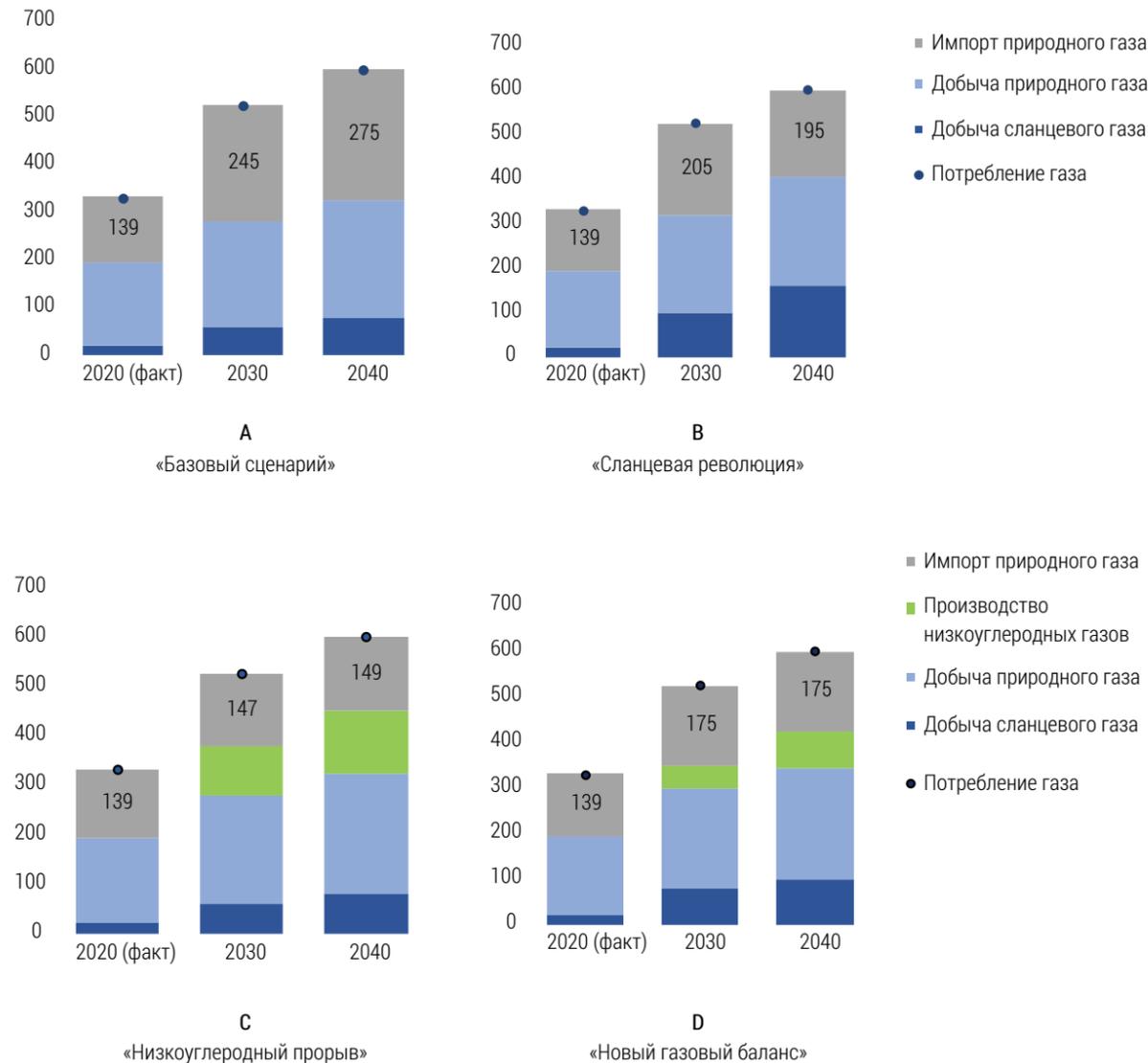
ным в «Базовом сценарии» (245 млрд м³ к 2030 г. и 275 млрд м³ к 2040 г.) и минимальным в сценарии «Низкоуглеродный прорыв» (147 млрд м³ к 2030 г. и 149 млрд м³ к 2040 г.) – рис. 14.

Учитывая, что сценарии «Сланцевая революция» и «Низкоуглеродный прорыв», по сути, отражают потенциал Китая в части освоения ресурсов сланцевого газа и производства низкоуглеродных газов соответственно, степень вероятности их реализации относительно низка.

Вероятность реализации сценария «Нового газового баланса» расценивается как средняя, учитывая, что для достижения заложенных в сценарий показателей

Рис. 14. Потребность КНР в импорте природного газа в 2030–2040 гг. в сценариях А, В, С, D, млрд м³ в год

Источник:
расчеты ИЭФ



Газопровод «Сила Сибири»

Источник: tomsk-tr.gazprom.ru

добычи сланцевого газа и производства низкоуглеродных газов необходимо обеспечить их достаточную экономическую эффективность и конкурентоспособность в сравнении с импортом. Однако в случае реализации этого сценария Китай уже с 2030 г. практически не будет нуждаться в дополнительных объемах импорта природного газа, а в период с 2021 по 2030 гг. дополнительные объемы импорта будут полностью покрываться уже подписанными долгосрочными контрактами с Россией, как в части трубопроводных поставок («Сила Сибири»), так и в части поставок

СПГ с заводов компании «НОВАТЭК» («Ямал СПГ» и «Арктик СПГ 2»).

Таким образом, наиболее вероятным представляется «Базовый сценарий», сохраняющий «окно возможностей» для наращивания экспорта российского природного газа в Китай в обозримой перспективе.

Отметим при этом, что размер «окна возможностей» (примерно 106 млрд м³ к 2030 г.) в рамках описанной методологии построения «Базового сценария» рассчитывается как разность между ожидаемым уровнем спроса на газ в КНР и возможностями Китая по его покрытию, и, следовательно, не учитывает уже заключенные долгосрочные контракты или же график их выполнения⁵.

Учет вышеизложенных контрактных обязательств, очевидно, сократит размеры «окна возможностей» примерно на 40–50 %, что делает крайне актуальной задачу по ускоренному контрактации дополнительных объемов поставок российского газа в КНР уже в самое ближайшее время.

Наиболее вероятным представляется «Базовый сценарий», сохраняющий «окно возможностей» для наращивания экспорта российского природного газа в Китай в обозримой перспективе

⁵ В частности, речь идет о графике выполнения долгосрочного контракта на поставку российского газа по газопроводу «Сила Сибири», в соответствии с которым максимальный уровень поставок по нему (38 млрд м³ в год) должен быть достигнут к концу 2024 года.

Энергетический переход в контексте «Форсайта столетия»

Energy transition in the context of the «Foresight of the Century»

Дмитрий ХОЛКИН
Директор инфраструктурного центра
«Энерджинет»
e-mail: dvh@internetofenergy.ru

Dmitry KHOLKIN
Deputy leader (co-head) of the working group,
Director of the EnergyNet Infrastructure Centre
e-mail: dvh@internetofenergy.ru

Игорь ЧАУСОВ
Руководитель аналитического
направления инфраструктурного центра
«Энерджинет»
e-mail: oyuncu@inbox.ru

Igor CHAUSOV
Head of analytical department,
EnergyNet Infrastructure Centre
e-mail: oyuncu@inbox.ru

Зеленые плантации чая, нагорье Кэмерон, Малайзия

Источник: Alice_Nerr / depositphotos.com



Аннотация. Проанализированы противоречия нового энергетического перехода. Сформулирована гипотеза о том, что до сих пор не определено его долгосрочное назначение. Используются результаты «Форсайта столетия» для того, чтобы выявить перспективные требования к новой энергетике. Дано описание концепции «ЗС», задающей долгосрочные принципы развития энергетики. Представлены сценарные варианты участия России в глобальных процессах энергетического перехода.

Ключевые слова: энергетический переход, форсайт, декарбонизация, углеродно-нейтральная экономика, цветущая сложность.

Abstract. The contradictions of the new energy transition are analyzed. A hypothesis has been formed that its long-term purpose has not yet been determined. The results of the «Foresight of the Century» were used to identify promising requirements for new energy. The description of the «ЗС» concept, which sets the long-term principles of energy development, is given. Scenario variants of Russia's participation in global energy transition processes are presented.

Keywords: energy transition, foresight, decarbonization, carbon-neutral economy, blooming complexity.



Для достижения нулевых выбросов CO₂ в 2050 г. одних технологий недостаточно, потребуется провести глубокие поведенческие изменения людей



Ускоренный энергопереход может вызвать рост бедности среди коренных жителей Африки. Пигмеи Багиели, Камерун

Источник: ziyaaktur@yahoo.com / depositphotos.com

Противоречия нового энергетического перехода

История насчитывает три энергетических перехода, сейчас происходит четвертый. Каждый предыдущий энергетический переход был вызван тем, что демографический рост и истощение экологической ниши вынуждали человечество осваивать новые пространства и менять модель хозяйствования, а для этого требовалась более высокопроизводительная энергетика, что приводило к появлению нового доминирующего энергетического ресурса. Каждый предыдущий энергетический переход обеспечивал расширение экологической ниши человечества, рост экономики

в абсолютном выражении и увеличение ее производительности, коррелировал с появлением нового пакета технологий производства, транспорта и жизнедеятельности, а также с созданием новых социальных институтов [1].

Современный энергетический переход созрел уже несколько десятилетий, но начал ускоренно набирать обороты в начале XXI века, когда проблематика потепления климата получила политическую поддержку ведущих стран мира, и начали формироваться финансовые инструменты для развития «зеленой» экономики. Основным содержанием

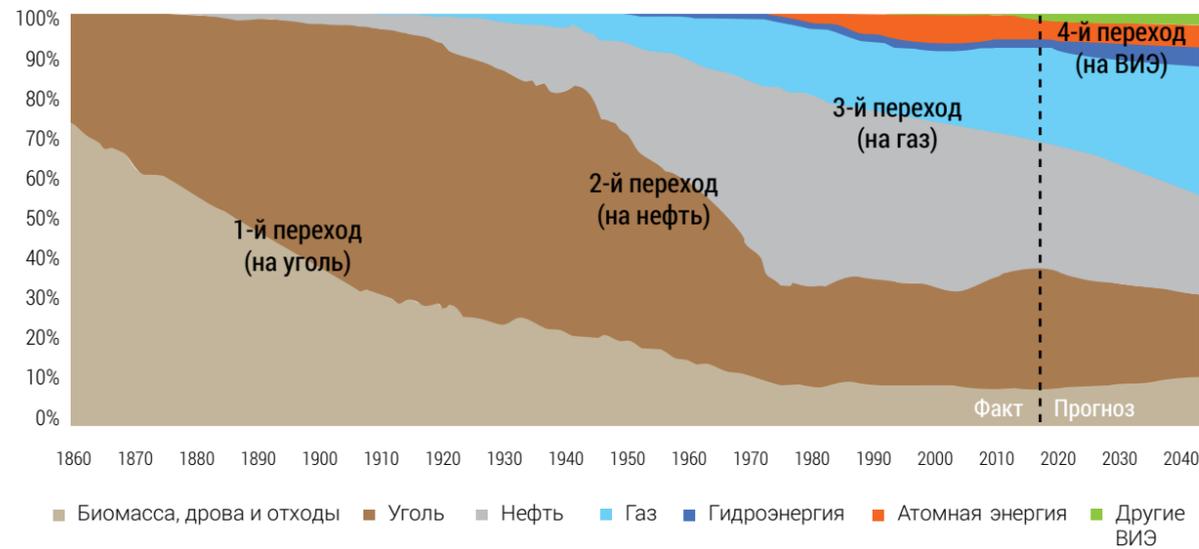


Рис. 1. Ретроспектива энергетических переходов

трансформации энергетики стали вытеснение из энергетического баланса ископаемых видов топлива, широкое использование возобновляемых источников энергии, электрификация отраслей экономики. Одновременно набрали силу еще две важных тенденции: децентрализация, выраженная в масштабном развитии распределенных источников энергии и гибкости, появлении просьюмеров, и цифровизация, состоящая в повсеместном применении цифровых управляемых устройств, подключенных к информационным сетям, и использовании их для радикального изменения моделей организации бизнеса. Часто основные принципы энергетического перехода выражают в формуле «3D»: decarbonization (декарбонизация), decentralization (децентрализация), digitalization (цифровизация).

Современный энергопереход созрел уже несколько десятилетий, но начал набирать обороты в начале XXI века, когда начали формироваться финансовые инструменты для развития «зеленой» экономики

В текущем моменте кажется, что четвертый энергетический переход возник не в результате «проедания» экологической ниши, освоенной человечеством, и кризиса доминирующей модели хозяйствования. Очевидно, что спровоцировали его другие факторы – консенсус среди экспертов и политиков относительно антропогенного характера потепления климата, стремление ЕС снизить энергетическую зависимость от стран-поставщиков углеводородов, желание лидеров капиталистического мира найти новые источники экономического роста, борьба коммерческих и политических интересов в условиях появления новых сильных игроков, таких как Китай и Индия. Все эти интенции сложились в результирующий вектор, выраженный в глобальной политике сокращения выбросов парниковых газов. Однако, критики данной политики утверждают, что принятые для сокращения выбросов ключевые решения не могут обеспечить сдерживание потепления климата, подразумевают сворачивание традиционной экономической активной модели образа жизни, приводят к удорожанию энергии и снижению надежности работы энергосистемы, не создают условий для долговременного экономического роста, ведут к разрастанию экономического неравенства.

В частности, согласно выводам доклада о разрыве в уровне выбросов за 2021 год, подготовленного ООН, все взятые национальные обязательства по сокращению

выбросов парниковых газов в сочетании с другими мерами смягчения последствий изменения климата приблизят мир к глобальному повышению температуры на 2,7 °C к концу века. Это намного превышает цели Парижского соглашения и приведет к катастрофическому изменению климата Земли. Чтобы сдержать глобальное потепление ниже 1,5 °C в этом столетии миру необходимо вдвое сократить ежегодные выбросы парниковых газов в следующие восемь лет. [2]

При этом, как отмечается в материалах МЭА, для достижения чистых нулевых выбросов в 2050 году одних технологий недостаточно, потребуется провести глубокие поведенческие изменения людей, то есть корректировки в повседневной жизни, снижающие расточительное или чрезмерное потребление энергии. Они особенно важны в более богатых частях мира, где энергоемкий образ жизни является нормой. Поведенческие изменения включают в себя езду на велосипеде или ходьбу вместо вождения автомобиля, отключение отопления и поездка в отпуск поблизости к дому. [3]

Проводится много исследований по вопросам экономики новой энергетики, а также её влияния на экономическое неравенство. Например, исследование, прове-

Исследования британских и американских университетов демонстрируют явную корреляцию между ростом доли ВИЭ в энергобалансе и ростом расходов домохозяйств на энергоснабжение

денное Орхусским университетом в Дании и Университетами Сассекса и Манчестера в Великобритании показало, что энергетический переход на солнечную генерацию в Германии вызывает рост эксплуатации, бедности и экологического неблагополучия в Гане и Демократической Республике Конго [4]. Другое исследование, проведенное группой британских и американских университетов, демонстрирует явную корреляцию между ростом доли ВИЭ в энергобалансе и ростом расходов домохозяйств на энергоснабжение [5].

Таким образом, направленность энергетического перехода, объясняемая целями

Завод по производству удобрений. Биджапур, Индия

Источник: ibgnews.com



Согласно докладу ООН, чтобы сдержать глобальное потепление ниже 1,5 °C в этом столетии миру необходимо вдвое сократить ежегодные выбросы парниковых газов в следующие 8 лет

декарбонизации, входит в острое противоречие с идеей общественного прогресса. Либо мы с вами оказались в ситуации, когда историческая логика энергетического перехода действительно меняется, и цели общественного прогресса перестают быть ведущими, либо мы ошибаемся, принимая «деревья» отдельных проблем за «лес» основного назначения текущего энергетического перехода.

Мы считаем, что скорее верно второе. Мир, движимый страхом климатических катаклизмов, возможно, опережая время, запустил глобальный процесс трансформации базовой инфраструктуры, не решив, в чем состоит следующий шаг развития человечества, не представив себе образ будущего, в котором новая энергетика создает принципиально иные возможности, открывающие следующий этап экономического роста и обеспечивающие дальнейший общественный прогресс.

Видение следующего шага развития

«Форсайт столетия», разработанный при участии более 50 экспертов в рамках проектно-образовательного интенсива «Архипелаг 2121», позволил такой образ будущего сформировать. В качестве исходной базы для разработки форсайта авторы указывают на более широкую, чем вопросы потепления климата, повестку глобальных вызовов, стоящих перед человечеством. Например, ситуация с биогеохимическими изменениями в части циркуляции азота, влияющими на плодородие почвы, или проблемы утраты биоразнообразия уже сейчас находятся в критическом состоянии. Кроме того, угрозы выживания человечества связаны

не только с природой, но и с тревожной динамикой техносферы, а также с нарастанием комплекса проблем в социальных отношениях. В «Форсайте столетия» собраны 15 больших идей, описывающих принципиальное видение будущего, отвечающего на эти вызовы [6].

В части климатической проблематики авторы «Форсайта столетия» склоняются к тому, что потепления климата не избежать. Как следствие, необходимо ожидать массового нарушения функционирования критических инфраструктур, масштабной миграции, релокации сельскохозяйственной деятельности. Конечно, по мере возможностей надо реализовывать мероприятия, направленные на смягчение изменения климата и снижение страновых экономических рисков (стратегия Mitigation), но основная ставка должна быть сделана на другое. Более дальновидной является стратегия приспособления к изменяющемуся климату (стратегия Adaptation), направленная на создание и масштабирование ячеек жизни нового уклада.

Стратегия Mitigation – это стратегия сохранения статус-кво, строящая свои планы исходя из той предпосылки, что за счет ограничения выбросов парниковых газов удастся повернуть процессы потепления климата вспять. Это попытка спасти свою экологическую нишу от коллапса пусть даже ценой самоограничений, остановки роста, упрощения производственной де-

Геотермальная электростанция Бьярнарфлаг, Исландия
Источник: Steve_Allen / depositphotos.com



Развитие геотермальной энергетики в Италии
Источник: emaze.com

ятельности и жизни. В части энергетики эта стратегия стремится к максимальному замещению углеводородов в энергетическом балансе.

Стратегия Adaptation – если её не трактовать в логике «пока не будем ничего делать, а потом, когда что-то поменяется, будем реагировать», является стратегией смены экологической ниши и формирования нового уклада. Она подразумевает освоение ранее не используемых территорий, переход на новый пакет производственных, транспортных, сельскохозяйственных, городских технологий, адекватных новым требованиям. Ячейки этого уклада – производственные объекты и комплексы, поселения – будут создаваться на принципах восстановительного (регенеративного) использования природных ресурсов, гомеостатического экономического роста, ценностей достаточности и самореализации. Об аналогичных принципах мы писали при разработке картины мира цветущей сложности [7]. Базовой инфраструктурной особенностью такой ячейки будет её ресурсно-энергетическая автономия при росте информационной, интеллектуальной, социальной связности ячеек между собой. В стратегии Adaptation в отличие от стратегии Mitigation перед энергетикой ставится другая задача – создание высокопроизводительной энергетики для освоения инфраструктурных, экономических

и геоклиматических «неудобий». В долгосрочной перспективе это необходимый шаг для распространения цивилизации на северных территориях, на дне океана, в космосе.

В некоторых дискурсах относительно стратегии Adaptation обсуждается, что на базе новейших достижений науки и технологий необходимо осуществлять проекты геоинженерии [8] и терраформирования [9]. Они предусматривают целенаправленное вмешательство в климатическую систему планеты, формирование и развитие антропо-био-техноценозов, обеспечивающих сбалансированную ко-эволюцию человека, природы и техносферы. Вероятно, что в ближайшее время этот подход выделится в отдельную стратегию – Geoengineering/Terraforming.

Россия – единственная страна на евразийском континенте, обладающая масштабной территорией нового освоения и реализации геоинженерных проектов. Она непременно займет ключевую роль в формировании будущего в логике картины мира цветущей сложности. В этой связи Россия в XXI веке в контексте климатических изменений будет решать в том числе следующие стратегические задачи:

1. Воссоздание критической инфраструктуры на новых принципах в зоне радикальных климатических изменений.
2. Обеспечение пространства для масштабной миграции, в том числе, вызванной климатическими изменениями в южных регионах континента [10].
3. Релокация и масштабное развитие сельского хозяйства для удовлетворения глобального спроса на продукты питания.

Ученые сходятся в том, что потепления климата не избежать. Как следствие, стоит ждать массового нарушения работы инфраструктуры, масштабной миграции и релокации сельского хозяйства

По возможности надо реализовывать мероприятия по смягчению изменений климата и снижению экономических рисков, но основная ставка должна быть сделана на адаптацию к новому климату

4. Декарбонизация промышленности, сельского хозяйства, транспорта и городов.
5. Управление климатом за счет реализации высокотехнологичных геоинженерных и экосистемных проектов.

Энергетический переход в России должен осуществляться с учетом необходимости решения указанных задач и имеющихся представлений о содержании нового уклада. Его направленность не может быть связана исключительно с увеличением доли ВИЭ в национальном энергетическом балансе или с разворачиванием масштабного производства водорода на экспорт. Будут

востребованы более сложные энергетические решения: автономные и низкоуглеродные, быстро возводимые и масштабируемые, экономически доступные.

Получается, что через призму «Форсайта столетия» можно увидеть другое назначение энергетического перехода, чем мы привыкли его обсуждать. Оно не отрицает климатических и экологических проблем, не отменяет электрификацию и масштабный переход на ВИЭ и водород. Оно указывает на дополнительные требования к развитию энергетики, устанавливает новые приоритеты, требует активных и масштабных действий в сферах, которые глобальная политика декарбонизации не охватывает. И главное – оно определяет маршрут, который возвращает человечество на путь прогресса, возвращает людям веру в будущее, создает предпосылки для появления мира цветущей сложности.

Позитивная формула энергетического перехода

В «3D-принципах» энергетического перехода не хватает позитивной установки. Это принципы «против», это антитезис к сложившейся в XX веке энергетике. Но, имея образ будущего, можно предложить прин-

Полноценный энергопереход возможен только при изменении психологии людей

Источник:
londondeposit / depositphotos.com

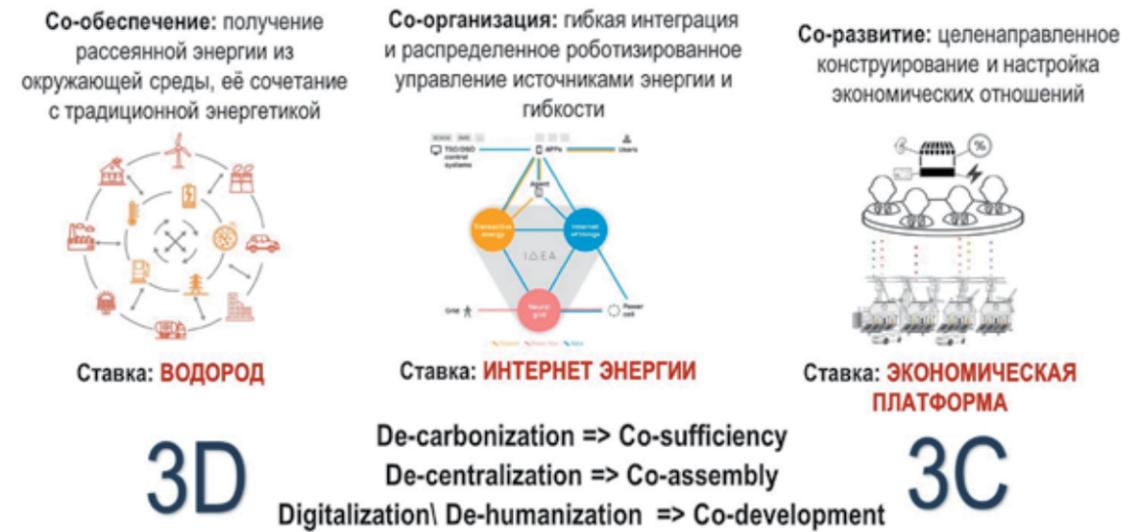


Рис. 2. Изменение принципов энергетического перехода

ципы «за», являющиеся диалектическим синтезом подходов предыдущего (индустриального) энергетического уклада и «зеленой» энергетики.

В XXI веке энергетические системы будут развиваться по следующим принципам:

1. Со-обеспечение (co-sufficiency): получение рассеянной энергии из окружающей среды без необратимого нарушения ее полезных свойств в непосредственной близости от потребителя, её хранение и превращение в удобные для использования формы, её сочетание с традиционной энергетикой и использованием высококонцентрированных форм энергии, снижающих потребность в ее доставке (например, малой атомной энергетики).
2. Со-организация (co-assembly): гибкая интеграция и распределенное роботизированное управление источниками энергии и гибкости, а также инфраструктурой для скоординированной оптимизации надежного энергообеспечения.
3. Со-развитие (co-development): конструирование и настройка экономических отношений, обеспечивающих расширенное воспроизводство энергетики с учетом актуальных задач общества и природных ограничений.

Эти принципы будут пронизывать все уровни энергетики, приобретающей все более фрактальную структуру: от национальной системы до отдельных поселений, производственных объектов и домохозяйств. Новые безуглеродные источники энергии будут строиться вблизи потребителей, и их резервирование будет происходить, прежде всего, за счет накопления энергии. Принципиальный прорыв ближайшего десятилетия связан с масштабным переходом на водород как экологически чистый энергоноситель и сырье для транспорта, промышленности, энергетики и ЖКХ. Водородный технологический пакет является замыкающим для полноценного перехода на использование рассеянной энергии окружающей среды. В более отдаленной перспективе появятся и новые техноло-

Направленность энергоперехода в РФ не может быть связана исключительно с увеличением доли ВИЭ или производством водорода на экспорт. Будут востребованы более сложные энергетические решения



Солнечные панели в Италии

Источник: green.it

гии сбора этой рассеянной в окружающей среде энергии, а также значимым будет появление безопасных атомных реакторов малой мощности. До конца столетия ждём и пришествия термоядерной энергии.

Распределительные электрические сети станут интеллектуальной киберфизической инфраструктурой, обеспечивающей на базе современных ICT и AI свободный энергообмен между большим множеством производителей и потребителей энергии. По сути, появится Интернет энергии. Крупная генерация и магистральные сети будут продолжать обеспечивать энергией крупные промышленные объекты и города, оставаясь в сужающейся нише энергетики старого индустриального уклада.

Существенно трансформируются электроэнергетические рынки, энергия перестанет быть основным товаром, предметом торговых отношений будет мощность

Распределительные электросети станут интеллектуальной киберфизической инфраструктурой, обеспечивающей свободный энергообмен между множеством производителей и потребителей

и энергетическая гибкость, поставщиками которых будет в том числе огромное множество просьюмеров. Для управления жизненным циклом энергетических объектов и систем будут использоваться цифровые экономические платформы, реализующие «пост-рыночные» практики расширенного воспроизводства, предотвращающие неравенство и чрезмерную эксплуатацию природных ресурсов.

Для того, чтобы сохранить прогрессивную тенденцию, которая наблюдалась во всех предыдущих энергетических переходах, мы должны добиваться роста производительности новой энергетики. Использование рассеянной энергии солнца и ветра, строительство генерации со стохастическим характером работы выглядит отступлением от достигнутых уровней производительности энергетики предыдущего поколения. Нам представляется, что рассматриваемые новые принципы позволяют обеспечить рост интегральной производительности новой энергетики, определяемой через сочетание совокупной мощности, эффективности её использования и её общественной капитализации [11]. Это будет достигнуто за счет возможности разворачивания новой энергетики в зоне инфраструктурных, экономических и геоклиматических «неудобий» и масштабного развития там экономической деятельности.

Наступает созидательная фаза энергетического перехода. На смену «3D» приходит «3C» (co-sufficiency, co-assembly, co-development). Новая формула энерге-

тического перехода обеспечит масштабное создание в любой точке планеты природнообразной, быстро разворачиваемой и экономически доступной энергетики. В этом плане она не противоречит, а дополняет подход «3D», задавая конструктивные требования к связности природы, техносферы и общества. «3C-энергетика» базируется на достижениях первой фазы энергетического перехода и предлагает направление для дальнейшего движения, где новый класс технологий и социальных практик приводит к развитию человеческого общества, а не только решает тактическую задачу декарбонизации хозяйственной деятельности.

Сценарии энергетического перехода в России

Россия как бенефициар углеводородной экономики, как индустриально развитая страна, имеющая огромную энергетическую инфраструктуру предыдущего энергетического уклада, как экономика с низким уровнем инновационной активности долгое время скептически относилась к процессам энергетического перехода и реализовывала консервативную политику в сфере развития ВИЭ и других

Остров Диксон

Источник: heliex.ru



Энергия перестанет быть основным товаром, предметом торговых отношений будет мощность и энергетическая гибкость, поставщиками которых будет в том числе множество просьюмеров

направлений трансформации энергетики. Однако в настоящее время на фоне усугубления климатических проблем, а также роста потенциальных экономических потерь, возникающих в результате уклонения от глобального курса на декарбонизацию, возникает необходимость масштабного, деятельностного ответа на вызовы энергетического перехода.

Принципиально можно выделить четыре сценария, отражающих качественно различные модели поведения:

1. «Присоединение» – постановка национальных целей достижения углеродной нейтральности экономики;

разворачивание полноценной программы декарбонизации на основе «зеленых» технологий; реализация ставки на развитие ВИЭ и производство «зеленого» водорода.

- «Сдержанное реагирование» – осуществление декарбонизации, экономически оправданной с учетом изменяющегося международного углеродного регулирования; декарбонизация экспортноориентированных отраслей; формирование нового экспорта для замещения выпадающих доходов от нефтега-

экосреды (леса, болота, тундра, внутренние моря).

- «Инициатива» – разработка и реализация качественно иной модели энергетического перехода, обеспечивающей, прежде всего, создание новых возможностей для развития цивилизации; масштабное распространение высокопроизводительной энергетики для освоения пустующих пространств России, для обеспечения роста сельскохозяйственной деятельности, для расселения климатических мигрантов, для террафор-

Закрытый	<p>«СДЕРЖАННОЕ РЕАГИРОВАНИЕ»</p> <ul style="list-style-type: none"> • декарбонизация экспортноориентированных отраслей, крупных агломераций; • «разноцветный» водород на экспорт 	<p>«КОНТРИГРА»</p> <ul style="list-style-type: none"> • наращивание низкоуглеродной энергетики (АЭС, ГЭС), сохранение газовой генерации; • реализация климатических проектов (леса, болота, тундра, внутренние моря); • «низкоуглеродный» водород на экспорт
	<p>«ПРИСОЕДИНЕНИЕ»</p> <ul style="list-style-type: none"> • масштабное развитие ВИЭ; • декарбонизация ТЭК, других отраслей, городов; • «зеленый» водород на экспорт и для использования на внутреннем рынке 	<p>«ИНИЦИАТИВА»</p> <ul style="list-style-type: none"> • масштабное освоение инфраструктурных и геоклиматических «неудобий» (в т.ч. для развития с/х, обеспечения большой миграции); • проекты геоинженерии и терраформирования; • экспорт комплексных решений для доступной, надежной, низкоуглеродной энергетики
Открытый	Реактивный	Проактивный

Рис. 3. Сценарии реагирования на вызовы энергетического перехода

зовых продаж (например, экспорт «разноцветного» водорода).

- «Контригра» – постановка национальных целей достижения углеродной нейтральности экономики, но осуществление их на основе отечественных технологических и ресурсных преимуществ; реализация ставки на развитие АЭС, ГЭС, сохранение газовой генерации, производство «низкоуглеродного» водорода, использование и развитие наших природных преимуществ – высокой поглощающей способности нашей

мирования природных экосистем; реализация ставки на развитие и масштабное применение новых высоких технологий.

Россия инерционно движется сейчас в рамках сценария «Сдержанное реагирование». Пойдет ли процесс по пути масштабной «зеленой» декарбонизации (сценарий «Присоединение») или «красной» декарбонизации (сценарий «Контригра»), зависит от конкурентной борьбы различных национальных элитарных групп. Однако стратегический выбор на перспективе всего XXI века должен быть за сценарием «Инициатива».

Однако на фоне изменений климата и роста потенциальных экономических потерь возникает необходимость масштабного, деятельностного ответа на вызовы энергетического перехода

Уже сейчас ведется реализация проектов и проработка идей, вписывающихся в сценарий «Инициатива». Развиваемые сообществом Энерджинет технологии и комплексные решения Интернета энергии находят применение при создании гибридных систем энергоснабжения в Арктике [12], а также тестируются за рубежом. Планируемые к созданию региональные водородные кластеры будут работать не только над задачей экспорта водорода, но и над разворачиванием водородного уклада на соответствующих территориях [13]. Инициативы по созданию новых городов в Сибири [14] или Экополиса в Сахалинской

области [15] могут стать площадками для полноценной реализации принципов «ЗС-энергетики». К 2030 году ряд комплексных решений новой энергетики сможет быть создан и апробирован на практике, что позволит предложить миру пакет технологий и практик для позитивного энергетического перехода.

Выводы

Эта статья не призвана дать однозначные ответы, она ставит вопросы. Каково должно быть реальное содержание энергетического перехода? Пришло ли время освоения и переосвоения планеты на новых принципах? Можно ли говорить о сломе тренда общественного прогресса? Как измерить общественную производительность энергетики? Может ли Россия предложить обоснованную модель энергетического перехода, полноценно отвечающую комплексу глобальных вызовов?

Мы наметили путь решения данных вопросов, но ответы могут быть получены только в рамках широкой профессиональной дискуссии, реальных проектов опережающего развития, международного стратегического диалога. Приглашаем вступить на этот путь!

Использованные источники

- Бадалян Л. Г., Криворотов В. Ф., Малинецкий Г. Г. История, кризисы, перспективы: новый взгляд на прошлое и будущее // Либроком, УРСС, 2010.
- United Nations Environment Programme (2021). Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered. Nairobi.
- IEA (2021), Do we need to change our behaviour to reach net zero by 2050? IEA, Paris – URL: <https://www.iea.org/articles/do-we-need-to-change-our-behaviour-to-reach-net-zero-by-2050>.
- Sovacool B. K. et al. Dispossessed by decarbonisation: Reducing vulnerability, injustice, and inequality in the lived experience of low-carbon pathways // World Development. – 2021. Т. 137. С. 105–116.
- Monyei C. G. et al. Justice, poverty, and electricity decarbonization // The Electricity Journal. Т. 32. № 1, 2019. С. 47–51.
- Сто лет тому вперёд: прогнозы футурологов на Архипелаге 2121: [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/company/2035_university/blog/570100/ (дата обращения: 05.11.2021).
- Холкин Д. В., Чаусов И. С. Новая формула энергетического перехода // Энергетическая политика. № 12 (154), 2020. С. 40–53.
- Сайт проекта «Geoengineering Model Intercomparison Project»: [Электронный ресурс]. – URL: <https://climate.envsci.rutgers.edu/GeoMIP/index.html> (дата обращения: 05.11.2021).
- Сайт проекта «The Terraforming»: [Электронный ресурс]. – URL: <https://theterraforming.strelka.com/> (дата обращения: 05.11.2021).
- Institute for Economics & Peace. Ecological Threat Report 2021: Understanding Ecological Threats, Resilience and Peace, Sydney, October 2021. Available from: – URL: <http://visionofhumanity.org/resources>
- Чернышев С. Б. Цифровые платформы роста: сумма технологий: [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLjQl8D06Rxtcibp1NjcKoka3tvcZzgvd> (дата обращения: 05.11.2021).
- Сайт проекта «Снежинка»: [Электронный ресурс]. – URL: <https://arctic-mipt.com/> (дата обращения: 05.11.2021).
- Холкин Д. В., Чаусов И. С. Водородные «места силы» // Коммерсантъ. 2021. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5008566> (дата обращения: 05.11.2021).
- Сергей Шойгу – о новых городах в Сибири // РБК. 2021. – URL: <https://www.rbc.ru/politics/06/09/2021/6131fab69a79471a71a0b412> (дата обращения: 05.11.2021).
- Сайт проекта «Экополис»: [Электронный ресурс]. – URL: <https://sakhalinopolis.ru/> (дата обращения: 05.11.2021).

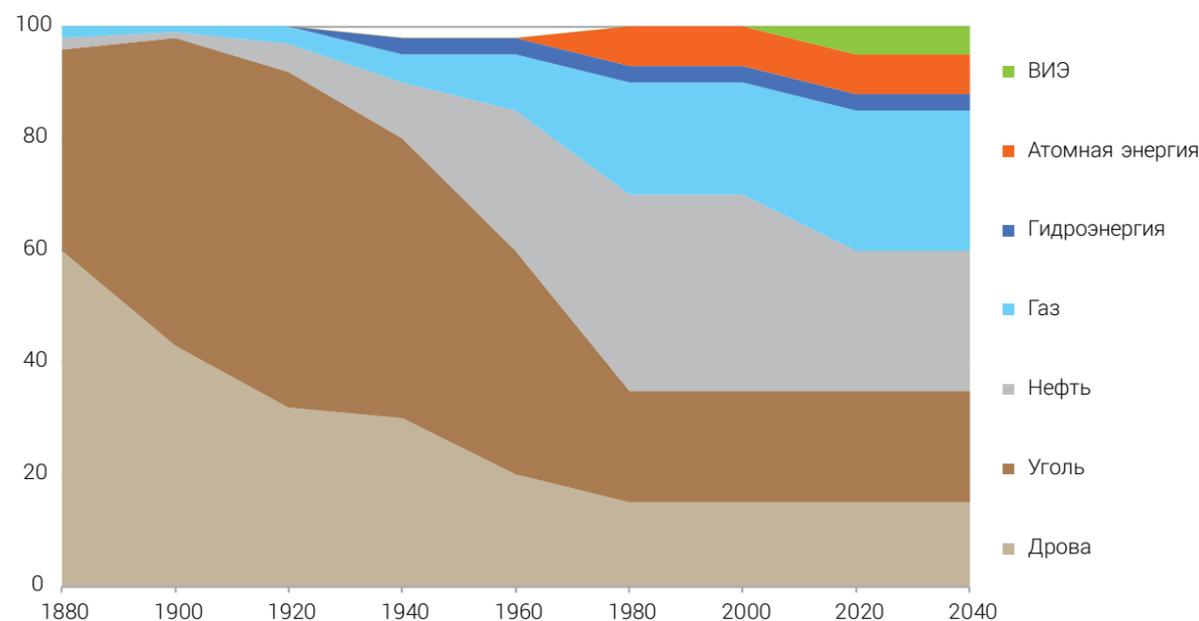
Углеводородная энергетика России в условиях мировой климатической нейтральности

Hydrocarbon energy of Russia in the conditions of global climate neutrality

Максим МУРАШКО
Генеральный директор
ООО «Новороссийский мазутный терминал»
e-mail: MurashkoMG@nmt-nvr.ru

Maksim MURASHKO
General director ООО «NMT»
e-mail: MurashkoMG@nmt-nvr.ru

Рис. 1. Источники энергии в мировом потреблении энергоресурсов



Аннотация. В статье проводится сравнительный анализ рынка энергетической отрасли, мирового энергопотребления, отчетов аналитических агентств и международных организаций, на основе которого делаются выводы о перспективах углеводородной энергетики в России.

Ключевые слова: мировое энергопотребление, возобновляемые источники энергии, трансграничный углеродный налог, система торговли выбросами, водородная энергетика, изменение климата.

Abstract. A comparative analysis of the energy industry market, world energy consumption, reports of analytical agencies and international organizations is carried out, on the basis of which conclusions are drawn about the prospects for hydrocarbon energy in Russia.

Keywords: global energy consumption, renewable energy sources, trans-carbon tax, emissions trading system, hydrogen energy, climate change.

//

С 1980 г. доля потребления нефти упала с 35 до 25 %, а вот доли угля и дров остались без изменений и составили 15 и 20 % соответственно



Пробки в одном из самых густонаселенных городов планеты – Джакарте

Источник: realinemia / depositphotos.com

Мировое энергопотребление

Мир вступает в четвертый этап энергоперехода – использование возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ). Энергопереход – изменение структуры первичного энергопотребления и переход от действующей схемы потребления к новому состоянию энергосистемы [1]. Возникает вопрос: ВИЭ вытесняют или дополняют ископаемые виды топлива, такие как уголь, нефть и газ? На диаграмме (рис. 1), сформированной на основе открытых данных института «Сколково» [2], представлена доля различных источников энергии в мировом потреблении энергоресурсов.

Из диаграммы видно, что доля ВИЭ в 2020 году составила 5 %. Доля потребления газа за последние 40 лет увеличилась с 20 до 25 %. С 1980 года доля потребления нефти упала с 35 до 25 %, а вот доли угля и дров остались без изменений и составили 15 и 20 % соответственно. Атомная и гидроэнергетика занимает 10 %. Вышеуказанные данные приведены в процентах, посмотрим на статистику в абсолютных величинах. Согласно Key World Energy Statistics 2020, с 1973 по 2018 год абсолютное энергопотребление выросло более чем в два раза, до 14 282 Мтое, в натуральных цифрах увеличилось потребление всех источников энергии [3]. С момента принятия рамочной конвенции ООН об изменении климата (1992 год) общий прирост энергопотребления составил 5 726 Мтое, или 40 %.

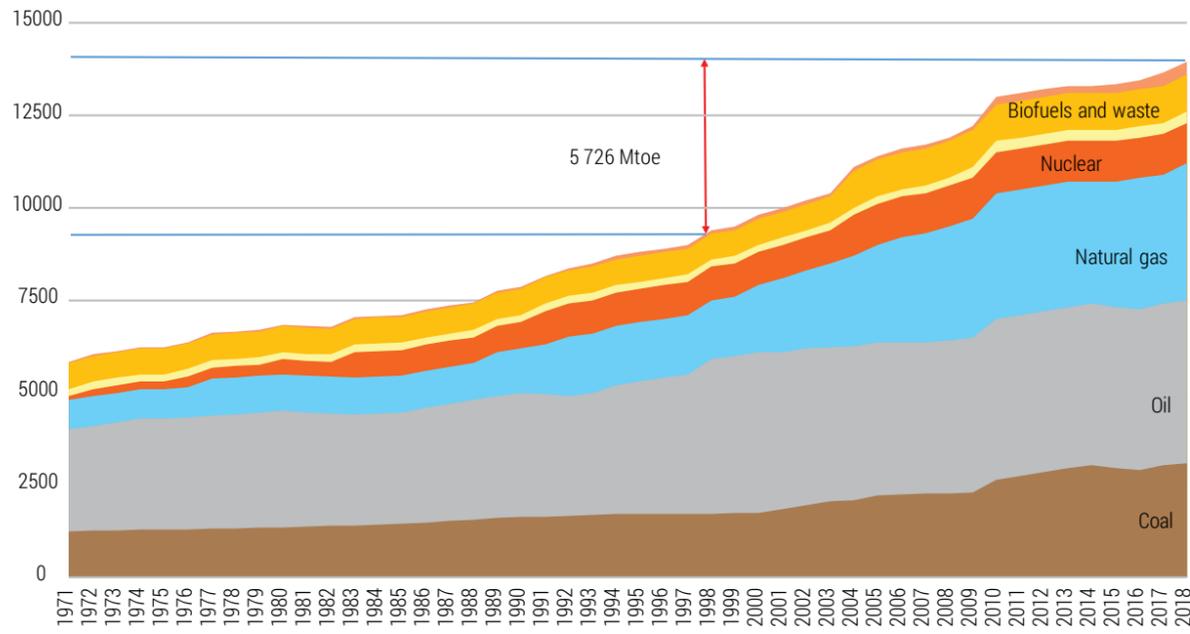


Рис. 2. Мировое энергопотребление в 1971–2018 гг.

Почему так происходит? Ответ кроется в росте числа населения на планете, которое сопровождается увеличением общего энергопотребления. Рассмотрим динамику изменения численности населения (рис. 3).

По данным ООН, к 2050 году нас ожидает рост населения с текущих 7 млрд почти до 10 млрд человек [4]. Основной прирост

прогнозируется в Африке, где количество людей увеличится с текущих 1,3 млрд до 2,5 млрд человек. Существенен будет рост населения и в Азии – с 4,6 млрд относительно 2021 года до 5,3 млрд человек. Остальные регионы будут расти незначительно.

Помимо роста числа людей в разных регионах, важно отметить и данные

Рис. 3. Количество мирового населения в 1970–2050 гг.

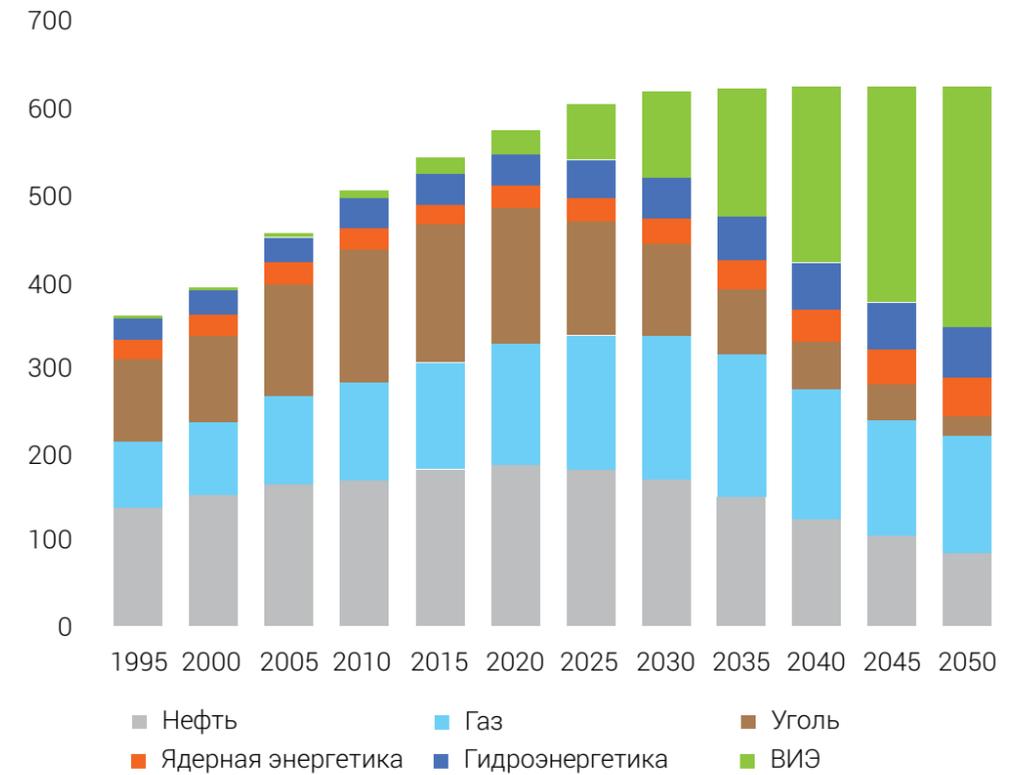
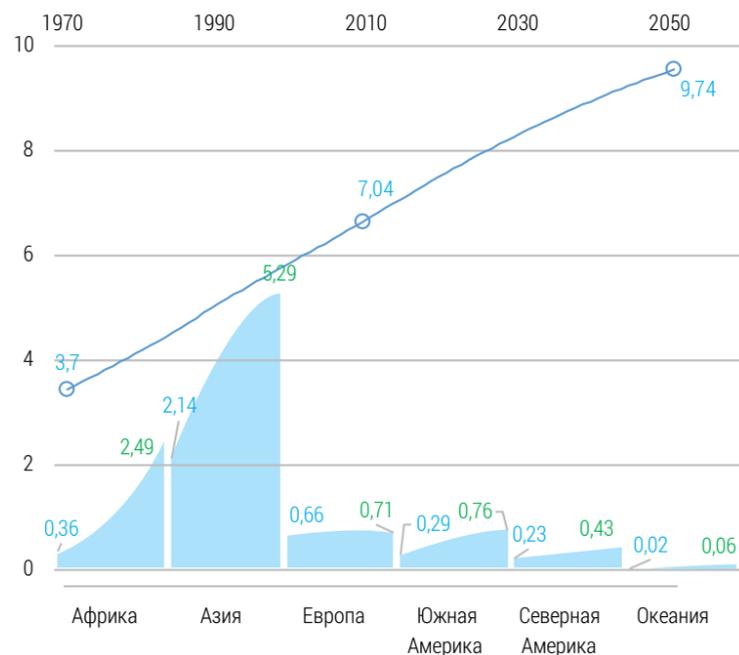


Рис. 4. Прогноз мирового энергопотребления до 2050 г.

по удельному потреблению нефти на душу населения в этих странах, что показывает уровень жизни граждан. В таблице 1 представлено текущее удельное потребление нефти по регионам за 2019 год как наиболее показательный до пандемии [5].

Из таблицы видно, что в Китае, Индии и Африке потребление нефти на душу населения ниже среднемирового уровня от трех до семи раз. То есть потенциально в этих регионах можно ожидать как роста числа населения, так и роста энергопотребления на человека за счет улучшения качества жизни.

Прогноз энергопотребления в мире и ЕС

На самом деле никто не знает, что будет дальше. Разные аналитические агентства и мировые сообщества декларируют различные сценарии, исходя из собственной оценки ситуации на рынке. Для примера рассмотрим ежегодный глобальный энергетический прогноз British Petroleum (рис. 4) [5]. Мнение этой крупной энергетической европейской компании нас интересует, так как Европа является основным

Таблица 1. Удельное потребление нефти по регионам за 2019 г.

№ п/п	Страна	Объем потребления нефти, млн т в год	Население, млн чел. в 2019 г.	Собственное удельное потребление нефти, т в год/чел.
1	США	920	328	2,8
2	Евросоюз	742	446	1,66
3	Китай	641	1 398	0,45
4	Япония	239	126	1,45
5	Индия	239	1 366	0,17
6	Россия	152	144	1,1
7	Африка	191	1 308	0,14
8	ИТОГО	3 068	5 117	1,1 (среднее)

Год	1990	2020	2030	2050				
Продукт/показатель, млн т	Потребление (факт)	Выбросы CO ₂	Потребление (факт)	Выбросы CO ₂	Потребление	Выбросы CO ₂	Потребление	Выбросы CO ₂
Нефть	822	2219,4	791	2135,7	713,6	1926,7	0	0
Уголь	567	1587,6	144	403,2	0	0	0	0
Газ	415	747	270,5	486,9	448	806,4	22,4	40,3
Итого	1804	4554	1205,5	3025,8	1161,6	2733,1	22,4	40,3
Отклонение от 1990 г.,%				66,4	60			

Таблица 2. Сокращение выбросов CO₂ в Европе согласно Парижскому соглашению

потребителем нефти и нефтепродуктов России. Эксперты не декларируют увеличение потребления энергоресурсов с 2030 до 2050 года, несмотря на динамику роста населения. Согласно их прогнозу, ВИЭ будут замещать абсолютное потребление нефти и угля в мире, а отсутствие роста энергопотребления можно связать только с повышением энергоэффективности, что является уже потенциальной проблемой для рынка традиционного топлива.

Также отметим, что страны Европы являются главными драйверами введения антиуглеродной политики в мире и распространения ВИЭ. За последние 40 лет

абсолютное потребление энергии ВИЭ увеличилось в Европе в 2,5 раза и продолжает расти, а потребление угля и нефти снижается [5].

Также обратим внимание, что в ЕС снижаются мощности по переработке нефти и собственная добыча [6].

В рамках анализа напрашивается вывод: когда Евросоюз закроет НПЗ и будет готов удовлетворить собственный спрос на энергию из возобновляемых источников энергии, тогда и будет запрет на использование ископаемого топлива в Европе? Если рассматривать инерционный сценарий, учитывающий текущую скорость замещения

НПЗ в Германии

Источник: qcsotago.co.nz



традиционного топлива альтернативными источниками (плюс 12,6 млн тонн/год) и среднюю скорость сокращения добычи (минус 8,6 млн тонн/год) и переработки нефти (минус 10 млн тонн/год) в ЕС, это произойдет к 2100 году, с сохранением потребления природного газа на текущем уровне.

Однако Евросоюз в рамках Парижского соглашения декларирует к 2030 году сокращение выбросов на 40 % (1990 год – базовый), увеличение доли ВИЭ в энергобалансе и повышение энергоэффективности на 27 %. В более долгосрочном периоде (до 2050 года) усилиями стран ЕС планируется сокращение выбросов на 80–95 % по сравнению с 1990 годом. Конкретные цифры приведены в таблице 2 [7].

Если мы допустим, что Европа к 2030 году откажется от угля, как деклари-

способы достижения данной цели, в том числе долгосрочные инвестиции. Особое внимание уделяется снижению выбросов в сферах энергетики и транспорта, для которых существуют отдельные дорожные карты.

Из этих данных мы можем составить следующий сценарий: в краткосрочной перспективе грузопоток нефти и нефтепродуктов в Европу сохранится за счет восполнения собственных выпадающих ресурсов, однако во избежание энергозависимости от нефтедобывающих стран-экспортеров в долгосрочной перспективе ЕС будет увеличивать долю потребления ВИЭ, повышать энергоэффективность, снижать импорт ископаемого топлива и лоббировать безуглеродную политику на мировой арене.

[Insert title here]

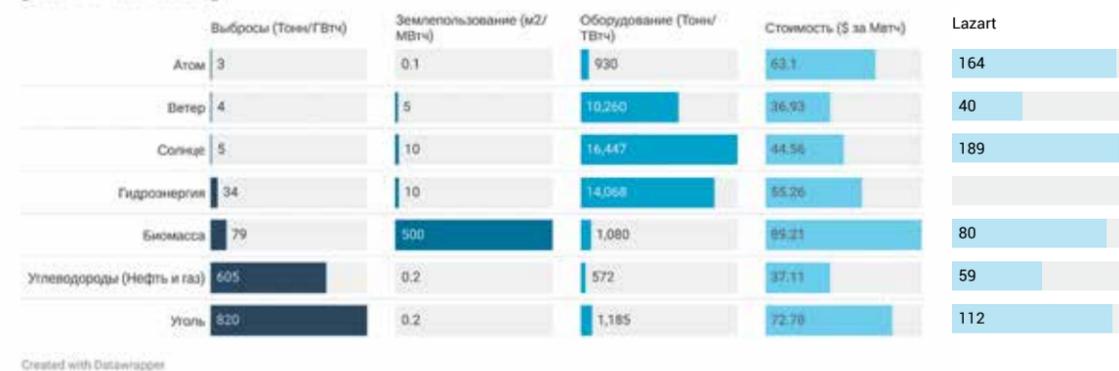


Рис. 5. Сравнение стоимости производства энергии

рует, а скорость снижения собственной добычи нефти сохранится на уровне последних 20 лет, то для достижения количества выбросов CO₂ на уровне 60 % от 1990 года необходимо будет нарастить потребление газа на 65 %. Если же при отказе от угля к 2030 году потребление нефти останется на уровне 2020 года, то прирост потребления газа составит 22 %. При выполнении данных расчетов поставлены условия сохранения текущей доли ВИЭ и энергоэффективности, которые, скорее всего, будут увеличиваться, но конкретные показатели изменений не задекларированы.

В 2011 году принята дорожная карта по переходу к низкоуглеродной экономике к 2050 году, в которой описываются

Экономический аспект различных видов источников энергии

При смене использования источников энергии главным образом встает экономический вопрос. Энергопереход состоится, если это будет экономически эффективно в долгосрочной перспективе. В этом вопросе не существует общей методологии: в зависимости от целей эксперты используют различные методы подсчета стоимости производства энергии. Автор приводит данные согласно отчету Annual Energy Outlook 2021 американского энергетического агентства



Рис. 6. Меры по удорожанию традиционного топлива

U. S. Energy Information Administration (EIA) [8]. Для примера разницы в подходах также приведены данные инвестиционного банка Lazard за 2020 год [9]. Автор придерживается данных профессиональной отраслевой организации.

Несмотря на различия в методологиях подсчета, традиционные источники энергии – наиболее дешевая альтернатива. Одним из факторов является наличие действующей инфраструктуры, когда для распространения ВИЭ необходимы вложения в строительство энергетической инфраструктуры, так как практически все ВИЭ имеют электрическую природу.

Переход на ВИЭ

Для перехода на возобновляемые источники энергии мировое сообщество применяет ряд параллельных мер для повышения привлекательности ВИЭ по сравнению с использованием традиционных источников энергии [10]:

1. Схемы поддержки «зеленых» источников энергии. К примеру, в Швеции основным стимулом для использования ВИЭ является система квот и торговли сертификатами. Закон о сертификатах на электроэнергию обязывает поставщиков доказывать, что определенная квота поставляемой ими электроэнергии была произведена из возобновляемых источников. Электроэнергия, произведенная с помощью ветра, имеет право на налоговые льготы. Электроэнергия, произведенная электрогенераторами мощностью менее 50 кВт, не облагается налогом. В случае электроэнергии, произведенной с помощью ветра, волн и солнца, этот запас мощности выше, чем разрешено законом о налоге на энергию. С 2015 года действует снижение налога на микропроизводство возобновляемой электроэнергии [11].

Таблица 3. Сравнение стоимости нефтепродуктов, Platts на 23.11.2021 г.

	Сернистое, \$/т	Малосернистое, \$/т	Удорожание, \$	Удорожание, %
Дизельное топливо	666	682	16	2,5
Мазут	421	511	90	21

Вид топлива	Выброс CO ₂ , т
Древесное топливо	Почти 0
Биотопливо	Почти 0
Газ	1,85
Нефть	2,6–2,7
Уголь	2,8

Таблица 4. Сравнение количества выбросов CO₂, ИЦ «Сколково»

2. Удорожание традиционного топлива.
 - 2.1. Удорожание за счет ужесточения экологических требований (в основном по содержанию серы). Посмотрим, что сделано на этом пути (рис. 6) и результаты удорожания (таблица 4).
 - 2.2. Удорожание за счет ужесточения климатических требований, в рамках которых введено углеродное регулирование. В мировой повестке остро встал вопрос углеродного налога. Углеродный налог – это платеж, который будут осуществлять компании, выбрасывающие CO₂ в процессе работы, организациям, которые будут изымать этот углеводород из атмосферы [12]. То есть это плата за выбросы углекислого газа. Объем выброса измеряется в углеродных единицах, равных тонне углекис-

лого газа. Для предприятий будут установлены нормы выбросов CO₂, квоты на углеродные единицы для выбросов сверх этой нормы будут продаваться на бирже. Так как не все страны ориентированы на улучшение климатической ситуации в мире, Европа вводит трансграничный углеродный налог для защиты своих дорогостоящих энергетических технологий на рынке. Посмотрим, что в целом сделано на этом пути к снижению углеродных выбросов.

Рассмотрим, от каких традиционных источников выбрасывается самое большое количество CO₂.

Далее приведены изменения стоимости нефти и выплавки стали, где трансграничный углеродный налог составит 15–20 % их стоимости при текущих ценах на выбросы CO₂ на европейской бирже.

Рис. 7. Меры по снижению мировых выбросов CO₂

	Текущая стоимость, \$/т	С учетом углеродного налога, \$/т	Удорожание, \$	Удорожание, %
Стоимость нефти	547	672	124,8	23
Стоимость стали	495	582	87	17

Таблица 5. Изменение стоимости выплавки стали, стоимость углеродной единицы принята по Лондонской бирже на 27.11.2021 г. [13]

	Россия	США	Китай	ЕС
Статус	В процессе принятия	Действует	Действует	Действует
Национальная система учета углеродных единиц	Будет создана на основании пилотного проекта в Сахалинской области	American Carbon Registry Climate Action Reserve Verified Carbon Standard Program	Ведется работа по созданию единой национальной системы учета	EU ETS
Возможность для частных компаний генерировать углеродные единицы за счет утилизации CO ₂	При реализации климатических проектов (ФЗ от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ)	Есть	Нет данных	Есть

Таблица 6. Сравнение состояния развития систем углеродного регулирования

Системы торговли выбросами

На данный момент очевидно, что страна с наиболее развитой системой углеродного регулирования будет иметь экономическое преимущество на мировой арене. В связи с этим необходимо сравнить Россию с основными конкурентами и рассмотреть их системы регулирования. Наша страна пока отстает по формированию безуглеродного рынка. Но даже после введения системы в действие встанет вопрос по взаимному признанию климатических проектов и выработанных на их основе углеродных

единиц во избежание двойного налогообложения.

Возобновляемые источники энергии

Тем не менее все вышесказанное не имеет смысла, если нет реальной альтернативы традиционным источникам энергии. Чем же хотят заменить углеродную энергетику? Ответ прост – возобновляемыми источниками энергии, среди которых энергия солнца, тепло земли (геотермальные установки) и гравитационная энергия

Завод Tesla по производству аккумуляторов

Источник: teslaspace.trendolizer.com

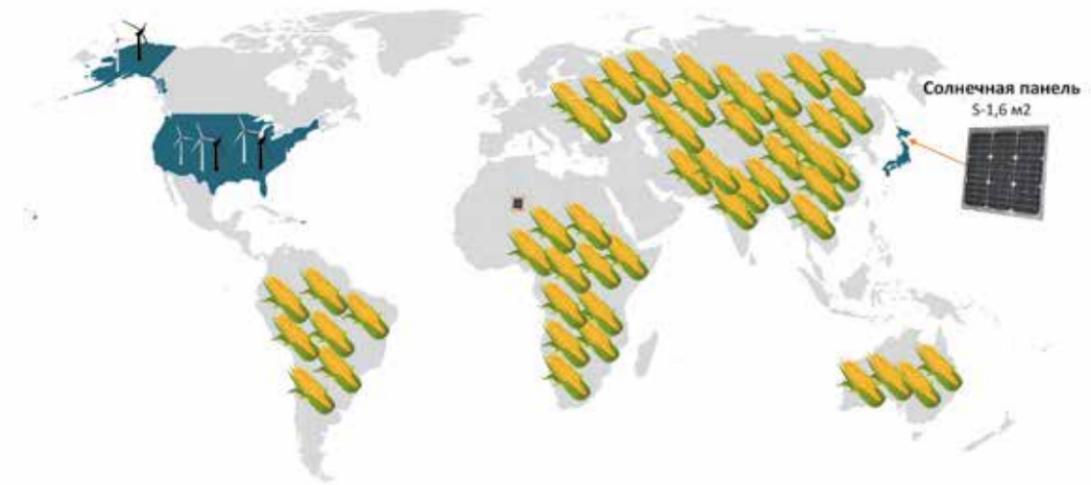


Рис. 8. Сравнение различных ВИЭ и атомной энергии

от орбитального движения (приливные станции). Последние две технологии специфические и не могут быть массово внедрены. А вот энергия солнца – наиболее перспективный вариант, который подразделяется на три основных направления: солнечные батареи, ветряная генерация и фотосинтез (биотопливо) [14]. На рис. 8 проиллюстрированы примеры возможностей использования солнечной и атомной энергии на практике.

Согласно результатам расчетов автора, для обеспечения текущего энергопотребления в мире за счет возобновляемой энергетики мы можем применить один из следующих вариантов:

- 127 тыс. ветряных генераторов, что по занимаемой площади в 9,3 млн км² сопоставимо с площадью США;
- 85 млн км² посевной площади для биотоплива (на примере кукурузы), что является половиной площади всей суши, включая Антарктиду, и делает этот вид энергии менее привлекательным в сравнении с другими ВИЭ;
- 118 млрд солнечных панелей, что является самым перспективным вариантом, ведь они занимают площадь 400 тыс. км², сопоставимую с площадью Японии, и могут быть размещены на неиспользуемой территории с большим количеством солнечных дней (в пустынях);
- 30 тыс. атомных станций, при том что за 70 лет человечество построило только 453 станции.

Однако при использовании ВИЭ также встает вопрос о накоплении произведенной электрической энергии, ведь потребление является неравномерным, а произведенная электроэнергия должна быть сразу использована. Есть два основных способа накопления электроэнергии: водородное и химическое (аккумуляторное). Обе технологии сейчас находятся на стадии активного развития.

Сначала рассмотрим аккумуляторы: главной мыслью является то, что для накопления необходимого количества энергии для мирового потребления на день нужны батареи общим весом 1,5–2 млрд тонн (расчет автора). Это 3 трлн аккумуляторов смартфона iPhone XR или 5,5 млрд аккумуляторов автомобиля Tesla [15, 16]. Безусловно, прогресс не стоит на месте и энергоемкость батарей растет с каждым годом: за 10 лет емкость увеличилась почти в три раза. Но учитывая огромное количество

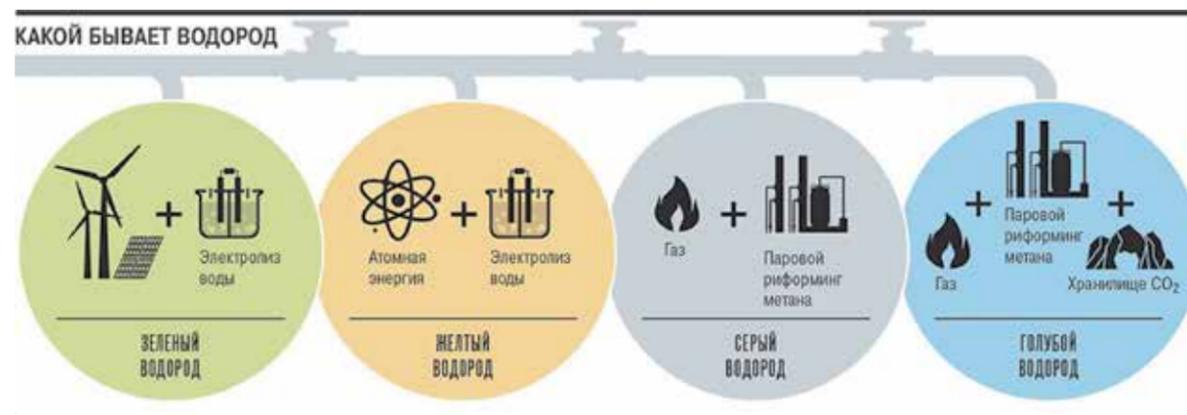
В краткосрочной перспективе поставки нефти в Европу сохранятся за счет восполнения собственных выпадающих ресурсов, однако в долгосрочной перспективе ЕС будет увеличивать потребление ВИЭ

Для обеспечения текущего энергопотребления в мире за счет ВИЭ необходимо либо 127 тыс. ветряных генераторов, либо 85 млн км² посевной площади для биотоплива, либо 118 млрд солнечных панелей

электротехнических материалов, необходимых для создания батарей, в том числе редких металлов, по мнению автора, это невыполнимо.

Альтернативой является экологичный и перспективный водород, полученный через электролиз, однако даже он имеет много недостатков [17]. В главной степени использование водорода пока ограничено отсутствием инфраструктуры и дороговизной операционных расходов на его выработку – от 1,5 до 15 долларов за кг (по данным Сбербанка). Такого мнения придерживается и банк Тинькофф, согласно расчетам которого себестоимость производства «голубого» водорода составляет 2 доллара за килограмм, «зеленого» – 10 долларов за килограмм. При текущей рыночной цене 0,55 доллара за литр дизельного топлива (Санкт-Петербургская международная товарно-сырьевая биржа на 11.12.2021 г.). При этом нужно учитывать, что по энергетической ценности 1 кг водорода соответствует 2,84 л дизельного топлива, текущая стоимость выработки которых составляет 1,5 доллара.

Рис. 9. Виды водорода



В России в октябре 2021 года утверждена дорожная карта развития водородной энергетики до 2024 года, она направлена на увеличение производства и расширение сферы применения водорода, а также вхождение страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту [18].

Выводы

1. К 2050 году прогнозируется энерго-независимость ЕС и отказ европейских стран от углеродного топлива.
2. Абсолютное потребление нефти и нефтепродуктов, вероятнее всего, не будет уменьшаться, так как в развивающихся странах нет денег на реализацию дорогостоящих ВИЭ-проектов. Центр потребления нефти и нефтепродуктов сместится из развитых стран в развивающиеся (Африка, Индия), в связи с чем цена снизится.
3. Для хранения «чистой» энергии самая перспективная технология – производство водорода, который будет вырабатываться за счет природного газа на первом этапе и электроэнергии ВИЭ на последующих.
4. В дальнейшем страны, которые обладают развитой наукой и промышленностью, будут иметь энергоне-зависимость. Наличие ископаемых источников энергии потеряет свою значимость. Для сохранения Россией статуса энергетической державы необходимо направить ресурсы на развитие возобновляемых источников энергии.



Нефтяной танкер

Источник: Nightman1965 / depositphotos.com

Использованные источники

1. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергетический_переход
2. Макаров А.А., Митрова Т.А., Кулагин В.А. Прогноз развития энергетики мира и России, 2019 // ИЦ «Сколково».
3. Key World Energy Statistics 2020. – URL: <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020>
4. Ежегодный отчет United Nations, department of Economic and Social Affairs // Департамент ООН по экономическим и социальным вопросам.
5. BP, Energy Outlook 2020 // Ежегодный глобальный энергетический прогноз от компании British Petroleum. – URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>
6. OPEC. World Oil Outlook 2021. – URL: https://www.opec.org/opec_web/en/publications/340.htm
7. URL: <https://russiancouncil.ru/climate2030>
8. URL: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/>
9. URL: <https://renen.ru/vyshli-novye-doklady-lazard-po-ekonomike-vie-nakopitelej-energii-i-vodoroda/>
10. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Возобновляемая_энергия
11. URL: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/sweden/tools-list/c/sweden/s/res-e/t/promotion/sum/200/lpid/199/>
12. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Углеродный_налог
13. URL: <https://specstali.pro/services/LME-course>
14. URL: http://www.gigavat.com/netradicinnaya_energetika_v-i-e_1.php
15. URL: https://yandex.ru/q/question/kakaia_emkost_akkumulatora_iphone_66865667/
16. URL: <https://www.drive2.ru/b/1978720/>
17. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Водородная_энергетика
18. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/19194>

Россия на пути к углеродной нейтральности

Russia on the way to carbon neutrality

Алексей МАСТЕПАНОВ
 Главный научный сотрудник 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

Alexey MASTEPANOV
 Head of the Analytical Center of the Energy
 policy and Security, OGRl of the Russian
 Academy of Sciences, a member of the DC of the
 Institute of Energy Strategy, Dr. of economic sci.,
 professor of the Gubkin University, academician
 of the Russian Academy of natural Sciences
 e-mail: amastepanov@mail.ru

Проект электростанции SolarReserve, оснащенной хранилищами энергии

Источник: SolarReserve



Аннотация. В статье рассмотрены основные этапы подготовки России к энергетическому переходу, достижению углеродной нейтральности. Показаны история вопроса и становление международных механизмов, формирующих международную политику в области изменения климата. Проанализированы причины принятия Россией обязательств достигнуть углеродной нейтральности к 2060 году, и перечислены важнейшие нормативно-правовые акты, принятые в этих целях.

Ключевые слова: Россия, изменение климата, экологическая политика, устойчивое развитие, углеродная нейтральность, энергопереход, правовое регулирование.

Abstract. The article discusses the main stages of Russia's preparation for the energy transition, the achievement of carbon neutrality. The history of the issue and the formation of international mechanisms shaping international policy in the field of climate change are shown. The reasons for Russia's commitment to achieve carbon neutrality by 2060 are analyzed, and the most important regulatory legal acts adopted for these purposes are listed.

Keywords: Russia, climate change, environmental policy, sustainable development, carbon neutrality, energy transition, legal regulation.

Скорость потепления климата на территории России выше среднемировой, что вызвано географическими и климатическими особенностями

Обеспокоенность среди видных учёных-климатологов по поводу глобального потепления и антропогенного изменения климата возникла ещё в середине XX века [1], но большинство научных и политических дебатов по этому вопросу начались только в 1980-х гг., когда эту проблему начали осознавать широкие слои общественности в развитых странах [2]. С 1990-х г. изменение климата становится заметной проблемой и в политической повестке дня. К слову, тогда в отношении того, что климатическая проблема может быть успешно решена, преобладали оптимистические ожидания.

К началу 2000-х г. проблемы глобального потепления, причины которого даже специалистам пока ещё не совсем понятны, но последствия представляются весьма угрожающими самому существованию всей человеческой цивилизации, стали выходить на первое место и в энергетической политике развитых стран.

Одновременно появляются и совершенствуются международные механизмы, формирующие мировую политику в области изменения климата.

В 1988 г. Всемирная метеорологическая организация (World Meteorological Organization) и программа ООН по окружающей среде (United Nations Environment Programme) учредили Межправительственную группу экспертов по изменению климата – МГЭИК (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC). МГЭИК уполномочена оценивать и обобщать научные, технические и социально-экономические данные об изменении климата и публиковать свои выводы в докладах, представляемых международным организациям и национальным правительствам во всем мире. В этих докладах оценивались научные основы глобального потепления и изменения климата, основные вопросы, связанные с сокращением выбросов парниковых газов, и процесс адаптации к изменяющемуся климату [1].

Первым международным документом, принятым в целях стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на уровне, который предотвратил бы

опасное антропогенное вмешательство в климатическую систему, стала рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН), принятая на конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в июне 1992 г.

В 1995 г. в Берлине состоялась Первая конференция ООН по изменению климата, и с того времени такие конференции, проводимые в рамках РКИК ООН являются ежегодными, и носят название «конференции сторон» – КС (Conference of the Parties, COP).

Основными знаковыми COP стали:

- COP-3 в Киото в 1997 г., на которой были приняты Киотский протокол и так называемые Киотские механизмы (торговля выбросами, механизм чистого развития и совместное осуществление);
- COP-15 в Копенгагене в 2009 г., на которой намечалось согласовать амбициозное глобальное соглашение по климату на период с 2012 г., то есть по истечению первого периода действия обязательств по Киотскому протоколу;
- COP-21 в Париже в 2015 г., на которой было принято Парижское соглашение по климату, регулирующее меры по изменению климата с 2020 года.

В этом году к ним добавилась COP-26 в Глазго. По мнению директора программы «Климат и энергетика» Всемирного фонда дикой природы (WWF) А. О. Кокорина, который подвёл итоги не только COP-26 как таковой, но всего «периода Глазго» (сентябрь – ноябрь 2021 г.), необходимо выделить четыре ключевых аспекта этого события:

К началу 2000-х г. проблемы глобального потепления, причины которого даже специалистам пока ещё не совсем понятны, стали выходить на первое место и в энергетической политике развитых стран



Вариант установки единичного ветрогенератора для удаленных малонаселённых территорий Арктики
Источник: prorabofp.rf

1. Страны выбрали путь решения проблемы – достижение баланса между выбросами парниковых газов и их поглощением – углеродной нейтральности в 2050–2070 гг.
2. Согласован рост помощи наиболее слабым и уязвимым странам – климатического финансирования с увеличением доли грантов и средств, выделяемых на адаптацию.
3. Приняты правила международного сотрудничества по Парижскому соглашению, где главный механизм – проекты и программы на уровне юридических лиц.
4. Активная роль субнациональных субъектов (регионов, городов, компаний, банков, бизнес-ассоциаций и т. п.) – они опережают действия стран и очень активны.

Важнейшим итогом «периода Глазго» стало и то, что Россия взяла на себя обязательство достигнуть углеродной нейтральности к 2060 году. Для большинства аналитиков и специалистов бизнес-среды принятое решение оказалось достаточно неожиданным. Ведь ещё полгода-год назад преобладающая тональность заявлений на эту тему и государственных деятелей, и представителей бизнеса не предвещала ничего подобного. Преобладало, как отметил Дмитрий Тренин из Московского центра Карнеги, «Отрицание климатических изменений, отношение к ним как к благо-

приятным для северной страны, неверие в то, что они связаны с деятельностью человека» [3].

Однако вследствие осознания того, что уже к началу следующего десятилетия спрос на наши основные экспортные товары – нефть, природный газ и уголь – заметно упадёт, поскольку ключевые торговые партнёры России – Евросоюз и Китай – объявили о планах достичь углеродной нейтральности, отношение российского руководства к проблеме климата радикально изменилось.

Немаловажно и то, что скорость потепления климата на территории Российской Федерации выше среднемировой, что обусловлено особенностями географического положения и климата. Среднегодовые температуры растут во всех физико-географических регионах и федеральных округах. Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечается на побережье Северного Ледовитого океана [4].

В то же время более внимательный анализ свидетельствует, что к принятию такого обязательства в стране готовились заблаговременно, что эти «неожиданные» решения базируются на солидном фундаменте ранее принятых нормативно-правовых актов. А экологическая политика России, в общем и целом, развивается в русле требований основополагающих решений ООН и других международных документов в этой области. Так, в соответствии с конвенцией РКИК ООН, принятой в Рио-де-Жанейро

Ветрогенераторы Energy Wind
Источник: kipmu.ru



Важнейшим итогом COP 26 стало то, что Россия взяла на себя обязательство достигнуть углеродной нейтральности к 2060 году. Для большинства аналитиков это решение оказалось неожиданным

в 1992 г., вышел Указ Президента РФ от 04.02.1994 г. № 236 «О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей природной среды и обеспечению устойчивого развития» [5]. В целях его реализации Правительством России были разработаны и приняты соответствующие документы: план действий по охране окружающей среды на 1994–1995 гг. (утвержден постановлением Правительства РФ от 18.05.1994 г. № 496) и план действий в области охраны окружающей среды и природопользования на 1996–1997 гг. (утвержден постановлением Правительства РФ от 19.02.1996 г. № 155) [6, 7].

Указом Президента РФ № 440 от 1 апреля 1996 г. была утверждена концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию, которая признала необходимым осуществить в России последовательный переход к устойчивому развитию, обеспечивающему сбалансированное решение социально-экономических задач сохранения благоприятной окружающей среды в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений [8].

В ноябре 2004 г. был принят Федеральный закон № 128-ФЗ «О ратификации Киотского протокола к рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата». В заявлении по этому поводу Президента РФ В. В. Путина отмечается, что «Российская Федерация исходит из того, что обязательства, налагаемые протоколом на Российскую Федерацию, будут иметь серьезные последствия для ее экономического и социального развития. В связи с этим решение о ратификации было принято после тщательного анализа всех факторов, в том числе с учетом значения протокола для развития международного сотрудничества, а также с учетом

того, что протокол вступит в силу только при условии участия в нем Российской Федерации» [9].

Что касается Парижского соглашения по климату, принятому на COP-21, то это соглашение не содержит предусмотренных российским законодательством оснований для ратификации. В соответствии с Федеральным законом «О международных договорах Российской Федерации» согласие России на обязательность для неё Парижского соглашения выражается в форме его принятия [10], что и было сделано соответствующим постановлением Правительства РФ № 1228 от 21 сентября 2019 г. [11].



Солнечная электростанция
Источник: oooevna.ru

Одновременно в специальном заявлении, сделанном в этом постановлении, отмечается, что [11]:

«б) Российская Федерация исходит из важности сохранения и увеличения поглощающей способности лесов и иных экосистем, а также необходимости ее максимально возможного учета, в том числе при реализации механизмов соглашения;

в) Российская Федерация считает неприемлемым использование Соглашения и его механизмов как инструмента создания барьеров для устойчивого социально-экономического развития Сторон Конвенции».

В пост-парижский период сформировалась и понимание специфики энергетического перехода в России.

Уже в июне 2020 года заместитель министра энергетики РФ П. Ю. Сорокин отметил: «Мы со своей стороны полностью осознаем значимость влияния отраслей ТЭК на экологию и всецело поддерживаем многосторонние усилия мирового сообщества по противодействию изменениям климата и развитию доступных и экологически чистых источников энергии. Вместе с тем в глобальном масштабе благие намерения по устойчивому развитию и энергопереходу могут рассматриваться с предвзятой точки зрения – как ущемление интересов государств – производителей энергоресурсов и намеренное игнорирование таких аспектов устойчивого развития, как обеспечение доступа к дешёвому и надёжному энергоснабжению и развитие чистых углеводородных энергетических технологий» [12]. Именно подобная трактовка задач энергоперехода заставила отнести их к рискам энергетической безопасности нашей страны, что и было отражено в доктрине энергетической безопасности, утвержденной Указом Президента Российской Федерации в 2019 году, и заложено в Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года, утвержденной Правительством РФ в 2020 году¹.

В ноябре 2020 г. вышел Указ Президента Российской Федерации № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов» [13]. Этим указом, в частности, в целях реализации Россией Парижского соглашения правительству страны было поручено обеспечить к 2030 г. сокращение выбросов парниковых газов до 70 % относительно уровня 1990 г. с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем и при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития Российской Федерации.

Проблему энергоперехода для России предельно чётко сформулировал первый заместитель председателя Правительства РФ А. Р. Белоусов в интервью “Ъ” 18.10.2021 г.: «Мы эту повестку [энергоперехода] берём, но есть нюансы. Дело в том, что, конечно, основные «центры силы» начинают адаптировать ситуацию под свои интересы и под свои повестки, и начинают возникать конфликты, которые заложены были изначально во взаимодействиях разных крупных экономических игроков. Это означает, что все проблемы, связанные

¹ Подробнее об этих угрозах см. [14].

с разрывом между развивающимися и развитыми странами, получают новый импульс. Поэтому для всех, и в том числе для России, ключевой вопрос в том, как энергопереход совместить с повесткой устойчивого развития. Для нас эта проблема состоит в том, как нам реализовать свою собственную долгосрочную повестку развития, опираясь в первую очередь на возможности, которые дает энергопереход нашей стране (и, естественно, учитывая те риски, которые он создает)» [15].



Геотермальная электростанция

Источник: drax.com

В этом же интервью была сформулирована и основная задача, которую необходимо решить в целях реализации концепции энергоперехода. При этом ее решение может открыть новые возможности для дальнейшего развития экономики страны. Кратко эта задача выглядит так: в экономике страны накопились структурные проблемы, которые приводят к низким темпам роста, не позволяющим решать социальные задачи. Поэтому нужно обеспечить «устойчивое развитие с достаточно приемлемыми, высокими темпами, которые нам задают неизменность, структурная утяжелённость нашей экономики». Отсюда – необходимость ускоренной диверсификации российской экономики.

Названы были и средства обеспечения такой диверсификации («рычаги действия») «на горизонте 5–7 лет». Это [15]:

- «управляемые технологические изменения, связанные, прежде всего, с имплементацией экологического законодательства, с внедрением наилучших доступных технологий»;
- «ускоренная модернизация энергетики, не только «большой энергетики», но и теплогенерации в ЖКХ. С использованием технологий сжи-

гания топлива с низкими выбросами CO₂ – для нас это в первую очередь газ. Отсюда ускоренная газификация, это газ вместо угля, вместо нефтепродуктов, в том числе в ЖКХ»;

- «использование наших технологических преимуществ. Есть целый ряд технологий, в которых мир от нас отстает. Пример – это атомные и водородные технологии»;
- «регуляторика. Без создания адекватных регуляторов мы не получим мотивацию компаний для их технологического развития. Нужно мотивацию усилить – отсюда идея установления квот и торговли квотами на выбросы CO₂, отсюда идеи,

К принятию о сроках перехода на углеродную нейтральность правительство готовилось заблаговременно. Это решение базируется на солидном фундаменте ранее принятых нормативно-правовых актов

- связанные с применением или с модификацией налогов в топливно-энергетическом секторе в увязке с применением «чистых» технологий. Это только идеи пока, они потребуют один-два года для отработки»;
- «реализация так называемых климатических проектов, которые используют и развивают наше природное преимущество – высокую поглощающую способность нашей экосреды. Леса, болота, тундра, внутренние моря – колоссальные поглотители CO₂, этого нет у большинства других стран. Та же самая

борьба с пожарами, высадка лесов – мощный инструмент решения глобальной климатической задачи».

Выше уже было отмечено, что за сентябрь-ноябрь 2021 г. в России произошёл настоящий прорыв в понимании таких глобальных проблем, как углеродная нейтральность и энергопереход. И действительно, события в эти месяцы развивались стремительно, тем более, что законодательная база для них была подготовлена уже в июне-июле 2021 г.² Хроника основных из них такова:

Сентябрь:

- Правительство РФ утвердило пакет документов, которые создают основу для национальной системы устойчивого финансирования, в том числе, так называемых «зелёных проектов»³;
- в правительстве приступили к проектировкам национального вариан-

² 1 июня 2021 г. Государственной думой был принят проект Федерального закона «Об ограничении выбросов парниковых газов», который предполагает введение обязательной углеродной отчетности. 23 июня он был одобрен Советом Федерации, а уже 2 июля подписан Президентом России как Федеральный закон от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ.

³ Над этим пакетом его головной разработчик – ВЭБ.РФ – работал с июля 2020 г., и уже в мае 2021 г. появилась «чистовая» версия документов.

Кашхатау ГЭС, Кабардино-Балкарский филиал

Источник: ПАО «РусГидро»



Мутновская ГЕОЭС, Камчатский край

Источник: ПАО «РусГидро»

та углеродного налога – аналогично разработанному в ЕС механизму сбора за выбросы углекислого газа в атмосферу;

- практически одновременно Минприроды РФ начало готовить комплекс мероприятий по формированию системы оборота CO₂, в том числе готовит предложения по разработке требований к основным параметрам и характеристикам пластов-резервуаров при размещении диоксида углерода в недрах;
- 20 сентября премьер-министр России М. В. Мишустин заявил о необходимости готовиться к поэтапному сокращению использования нефти и газа, развивать альтернативную энергетику. «Нужно готовиться к поэтапному сокращению использования традиционных видов топлива: нефти, газа, угля. Повышать энергоэффективность. Развивать альтернативную энергетику. Строить соответствующую инфраструктуру», – сказал он на совещании с вице-премьерами;
- 28 сентября на заседании президиума Совета по науке и образованию, которое провёл заместитель председателя Совета безопасно-

сти РФ Д. А. Медведев, обсуждался и был одобрен проект Федеральной научно-технической программы (ФНТП) по климату и экологическому развитию до 2030 года, объём финансирования которой до 2030 года из средств федерального бюджета может составить почти 34 млрд рублей.

Осенью 2021 г. в России произошёл настоящий прорыв в понимании таких проблем, как углеродная нейтральность и энергопереход. При этом нормативная база для этого уже была подготовлена

Октябрь:

- 13 октября в ходе пленарного заседания Российской энергетической недели Президент России В. В. Путин заявил: «Россия на практике будет

добиваться углеродной нейтральности своей экономики. И мы ставим здесь конкретный ориентир – не позднее 2060 года»;

- 16 октября по итогам пленарного заседания Восточного экономического форума, которое состоялось 3 сентября, Президент России В. В. Путин утвердил перечень поручений Правительству РФ, среди которых два касаются проблематики изменения климата и энергоперехода:
 - представить предложения о проведении эксперимента по установлению специального регулирования выбросов и поглощения парниковых газов не только в Сахалинской области, но и в иных субъектах Российской Федерации (Пр-1971, п. 1 б). Срок – 1 декабря 2021 г.;
 - рассмотреть вопрос о создании центров по производству водорода и аммиака с использованием энергии, вырабатываемой приливными электростанциями, в том числе Пенжинской, Тугурской и Мезенской, провести оценку технико-экономических характеристик таких центров, возможности привлечения зарубежных партнеров к их созданию и представить соответствующие предложения (Пр-1971, п. 1 д). Срок – 1 марта 2022 г.
- 22 октября в рамках создания в России сбалансированной системы углеродного регулирования, которая будет способствовать формированию благоприятных условий для устойчивого развития российской экономики, распоряжением Прави-

Главное теперь не заболтать эту проблему, как уже было и с модернизацией экономики, и с наилучшими доступными технологиями, импортозамещением, и многими другими благими начинаниями



Геотермальная электростанция Krafla
Источник: es.wikipedia.org

тельства РФ № 2979-р определен перечень веществ, подлежащих учёту⁴;

- 29 октября Правительство РФ распоряжением № 3052-р утвердило стратегию социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года.
- Ноябрь:**
- на COP-26 в Глазго членами российской делегации было объявлено, что со следующего года в России начнет действовать система государственного учёта выбросов парниковых газов, что российский рынок по торговле углеродными единицами может быть запущен к середине 2022 г., что в России создается система «зелёного» и ESG-финансирования. На этой же конференции российская делегация изложила ключевые элементы новой климатической и энергетической политики страны;
 - появился первый аккредитованный государством орган по валидации и верификации парниковых газов – им стал Российский университет дружбы народов (РУДН). Вторым

⁴ Это диоксид углерода, метан, закись азота, гексафторид серы, гидрофторуглероды и перфторуглероды, а также трифторид азота.

таким органом в том же месяце стал Сертификационный центр «ВНИИ-ГАЗ – Сертификат»;

- 30 ноября, выступая на инвестиционном форуме «ВТБ Капитала» «Россия зовет!» Президент России В. В. Путин поручил правительству совместно с Банком России разработать перечень финансовых инструментов для реализации «зелёных» проектов.

По сообщению «Ведомостей» со ссылкой на свои источники, осенью в Правительстве России приступили и к проектировкам национального варианта углеродного налога – аналогичного разработанному в ЕС механизму сбора за выбросы углекислого газа в атмосферу [16].

Соответствующую работу развернули и ведущие российские компании нефтегазового и нефтегазохимического профиля. Так, «Роснефть» разрабатывает новую стратегию компании, основными приоритетами которой станут адаптация к вызовам энергетического перехода и ин-

теграция «зелёной повестки» в бизнес, о чём сообщил главный исполнительный директор компании И. И. Сечин, выступая на XIV Евразийском экономическом форуме в Вероне.

2 декабря 2021 г. совет директоров «СИБУРа» утвердил внесение изменений в стратегию в области устойчивого развития компании (ESG-стратегию) до 2025 г. Одна из новых целей – к 2025 г. обеспечить углеродную нейтральность как минимум одного предприятия общества. Достичь её намечается за счёт повышения энергоэффективности процессов и увеличения доли ВИЭ в энергобалансе, применения технологий улавливания, утилизации и хранения CO₂, реализации проектов секвестрации.

И перечень таких инициатив множится с каждым днём. Главное теперь – не заболтать в очередной раз эту проблему, как уже было и с модернизацией экономики, и с наилучшими доступными технологиями, импортозамещением, и многими другими благими начинаниями.

Использованные источники

1. *Global warming and public policy*. – URL: <https://www.britannica.com/science/global-warming/Global-warming-and-public-policy>
2. Behram N. Kursunoglu, Stephan L. Mintz, Arnold Perlmutter. *Global Warming and Energy Policy*. Springer, Boston, MA. 2001. 220 p. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-1323-0>
3. Тренин Д. После саммита в Глазго. Каким будет путь России в безуглеродное будущее? – URL: https://carnegie.ru/commentary/85807?utm_source=rssemail&utm_medium=email&mk_tok=MDk1LVBQVi04MTMAAAGBAE_V4TVGSTVUcO_NZ6DgCdcJ7Ej8AROWk2s62ZEvj899Ih7UFS5fCNYiBVt7OfR4AoT-PaXhg9In_YQVM77d042Hw1rBjWUzwJSSgmy15grj
4. Правительство РФ. Распоряжение от 29 октября 2021 г. № 3052-р. – URL: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fW032e2yA0BhtlpyzWfHaiUa.pdf>
5. Указ Президента Российской Федерации от 04.02.1994 г. № 236. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/5422>
6. Постановление Правительства РФ от 18 мая 1994 г. № 496. – URL: <https://base.garant.ru/2108379/>
7. Постановление Правительства РФ от 19 февраля 1996 г. № 155. – URL: <https://base.garant.ru/2107941/>
8. Указ Президента от 1 апреля 1996 года № 440 «О Концепции перехода РФ к устойчивому развитию (концепция прилагается)». – URL: <https://yeltsin.ru/archive/act/36830/>
9. Федеральный закон от 04.11.2004 г. № 128-ФЗ. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/21599>
10. Об участии России в Парижском соглашении по климату. – URL: <http://government.ru/docs/37917/>
11. Постановление Правительства РФ от 21 сентября 2019 г. № 1228. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72661694/>
12. Сорокин П. Наша страна обладает значительным потенциалом повышения энергетической эффективности. – URL: [https://www.neftegaz-expo.ru/common/img/uploaded/exhibitions/neftegaz2020/img/digest/Neftegaz_Digest_2020.16\(23\).pdf](https://www.neftegaz-expo.ru/common/img/uploaded/exhibitions/neftegaz2020/img/digest/Neftegaz_Digest_2020.16(23).pdf)
13. Указ Президента Российской Федерации от 04.11.2020 г. № 666. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45990>
14. Мастепанов А.М. Ожидаемая трансформация основных угроз энергетической безопасности России и меры, необходимые для их нейтрализации // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. № 9(201), 2021. С. 5–12.
15. Бутрин Д. Другого ответа на изменение климата человечество пока не придумало // Газета «Коммерсантъ» № 189/П от 18.10.2021 г., С. 2. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5038967>
16. В правительстве готовят российский вариант углеродного сбора ЕС. – URL: https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2021/09/22/887822-vlasti-uglerodnogo-naloga?utm_campaign=newspaper_23_9_2021&utm_medium=email&utm_source=vedomosti



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА



Оформить подписку на журнал «Энергетическая политика» на 2022 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



Источник фото на обложке:
mangz / depositphotos.com



2409-5518

ISSN 2409-5516