

РГАСНТИ 44.09.29

ISSN 2409-5516

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№9(175), сентябрь 2022



Тема номера

**НОВАЯ САНКЦИОННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ
ДЛЯ МИРА И ДЛЯ РОССИИ**

Лучшее создается вместе

Весь спектр банковских услуг

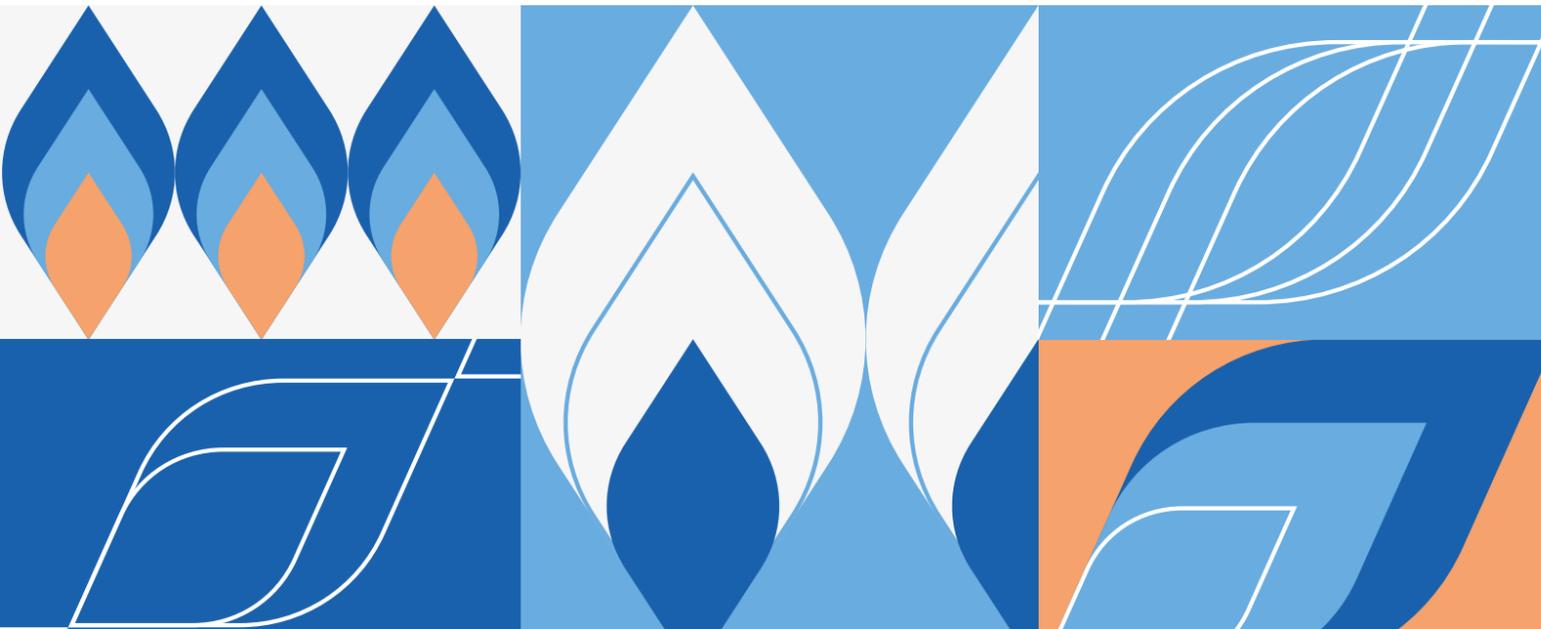
карты вклады счета кредиты

услуги для юр. лиц страхование

ипотека рефинансирование

gazprombank.ru

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



20-22 сентября 2022 — oilgasforum.ru

Здесь встречи ведут к результату

Промышленно-энергетический форум TNF 2022 — главное событие отрасли, объединяющее предпринимателей и корпорации для эффективного нетворкинга и формирующее тренды энергетики.

Промышленно-энергетический форум 2022 — это:

- Актуальная деловая программа
- Технологические дни и Дни поставщика
- Биржа деловых контактов B2B
- Выставка
- Культурная и спортивная программы

Встречайтесь с профессионалами отрасли и решайте актуальные задачи вместе!

Организаторы форума:



Стратегический партнер:



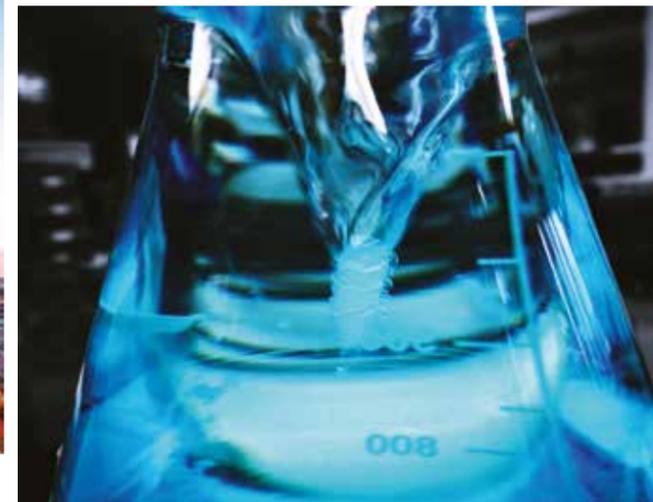
Генеральные партнеры:



+7 499 938 55 42

welcome@oilgasforum.ru

Содержание



Contents

7 Слово редакторов

Нефть

8 П. Сериков. Нефтяные эмбарго и кризисы прошлого: уроки истории

Газ

22 С. Сайгаткина. Один кубометр миллиард бережет

Энергопереход

42 Е. Телегина, С. Сергеев. «Голубой» водород как долгосрочная экспортная стратегия РФ

56 С. Аллахвердиев. Горизонты искусственного фотосинтеза

Регионы

78 А. Мастепанов, А. Сумин, Б. Чигарев. Венесуэла под сводом санкций: разрушенная, но не сломленная

Атом

88 О. Афанасьева, Г. Мингалеева, М. Набиуллина. Перспективы развития гибридных источников автономного энергоснабжения

7 Editor's Column

Oil

8 P. Serikov. Oil embargoes and crises of the past: lessons from history

Gas

22 S. Saygatkina. One cubic meter saves a billion

Energy transition

42 E. Telegina, S. Sergeev. Blue hydrogen as a long-term export strategy of the Russian Federation

56 S. Allahverdiev. Horizons of artificial photosynthesis

Regions

78 A. Mastepanov, A. Sumin, B. Chigarev. Venezuela under sanctions: destroyed but not broken

Atom

88 O. Afanasyeva, G. Mingaleeva, M. Nabiullina. Assessment of the prospects for the development of hybrid sources of autonomous power supply

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 А.И. Кулапин – д. х. н., ген. директор РЭА Минэнерго России В.А. Крюков – акад. РАН, д. э. н., директор ИЗОПП СО РАН

Е.А. Телегина – член-корр. РАН, д. э. н., декан факультета РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина А.И. Громов – к. г. н., директор по энергетическому направлению 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 – первый заместитель министра энергетики России О.В. Жданев – к. ф.-м. н., зам. ген. директора – руководитель Центра компетенций технологического развития ТЭК «РЭА» Минэнерго РФ

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: 05.09.2022 Время подписания по графику: 13:00 фактическое: 13:00

16+

11 ОКТЯБРЯ 2022



«Россети» —
вместе
в будущее

ОРГАНИЗАТОР
РЭА
МИНЭНЕРГО РОССИИ



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



**ТЕРРИТОРИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ДИАЛОГА**

МЕРОПРИЯТИЕ ПРОВОДИТСЯ
В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО
ФОРУМА «**РОССИЙСКАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ НЕДЕЛЯ**»



**Российская
Энергетическая
Неделя 2022**

РОСКОНГРЕСС
Пространство доверия

г. Москва, ул. Самарская, д. 1
▲ Проспект Мира
Radisson Blu Olympiyskiy Hotel

tedconf.ru



Международная конференция по водородной энергетике

			
			
			
27 октября 2022, Москва		Отель «Метрополь», ih2con.com	

Ключевые темы:

-  **Перспективы развития водородной энергетики в России и в мире: инвестиционные проекты, развитие инфраструктуры и новые технологии;**
-  **Водородный диалог в рамках БРИКС и ЕАЭС: научно-технологическое сотрудничество и трансфер компетенций;**
-  **Основные направления технологического развития водородной энергетики;**
-  **Новые технологии для водородной энергетики: сделано в России.**

+7 (495) 640-34-64
mail@oilandgasforum.ru



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



Анна ГОРШКОВА
Главный редактор журнала
«Энергетическая политика»

Неутешительный прогноз

Мировая экономика продолжает тонуть в режиме санкций и контрсанкций. Подготовка к зиме на фоне резкого роста цен на энергоносители, ограничения поставок газа как со стороны европейских потребителей, так и самой России, массовые волны протеста против высоких цен на топливо в самых разных странах мира, приобретающие подчас национальный характер, спешный поиск далеко не всегда экономически оправданных альтернатив. Таким мир вступает в холодную осень 2022 года.

Сегодня никто уже не решается делать сложные прогнозы развития энергетических рынков. Весь анализ сводится к двум простым факторам: если зима будет мягкой, то тотального энергетиче-

ского кризиса в Европе удастся избежать, если же зима будет холодной, то на мировом рынке возникает риск энергетического коллапса, который может обернуться разрушением всех действующих энергетических систем.

На этом фоне России также стоит готовиться к разным сценариям: от поиска разнообразных маршрутов поставки нефти и газа, до развития альтернативных способов их применения внутри страны. С учетом того, что ресурсы нефти и газа для поиска самых разных вариантов использования в России безграничны, это дает стране серьезное конкурентное преимущество даже на рынке альтернативных источников энергии.

Нефтяные эмбарго и кризисы прошлого: уроки истории

Oil embargoes and crises of the past: lessons from history

Павел СЕРИКОВ
Заместитель вице-президента,
директор департамента экономики
ПАО «Транснефть», д. э. н.
e-mail: SerikovPY@ak.transneft.ru

Pavel SERIKOV
Deputy Vice-president, Director of Economic
Department «Transneft», Dr. Sci. (Econ.)
e-mail: SerikovPY@ak.transneft.ru

Тегеран, Иран

Источник: gazprom.ru



Аннотация. В настоящей статье рассматривается историческая ретроспектива событий, связанных с тремя первыми послевоенными нефтяными кризисами, которым в литературе как правило уделяют не так много внимания, как четвертому – кризису 1973 года. Рассмотрение именно этих кризисов дает обширную пищу для размышлений, поиска закономерностей и проведения параллелей с современной ситуацией, вызванной введением эмбарго на нефть и санкционным давлением на нашу страну.

Ключевые слова: энергетический кризис, эмбарго, импорт нефти, Суэцкий канал, мировой рынок нефти.

Abstract. This article examines the historical retrospective of the events associated with the first three post-war oil crises, which, as a rule, do not receive as much attention in the literature as the fourth one, the 1973 crisis. Examination of these crises provides a lot of food for thought, searching for patterns and drawing parallels with the current situation caused by the introduction of the oil embargo and sanctions pressure on our country.

Keywords: energy crisis, embargo, oil imports, Suez Canal, global oil market.



Всеобъемлющее эмбарго на импорт иранской нефти поддержали крупнейшие мировые компании: АИОС, Еххон, Gulf Oil, Техасо, Mobil, Chevron, Shell

Первые попытки применения политики эмбарго и санкций были предприняты задолго до текущих событий. Так, из энциклопедической книги Дэниела Ергина [1] следует, что еще в 1935 году Лига Наций (предшественник ООН), реагируя на захват Эфиопии итальянскими войсками, ввела экономические санкции и эмбарго на поставку стратегических видов сырья (за исключением нефти), которые, ввиду неэффективности, вскоре были отменены. Кроме того, в 1941 году вводилось нефтяное эмбарго со стороны США, Великобритании и Нидерландов против Японии с учетом участия последней в военном блоке с Германией и Италией.



Тегеран 1920-х гг., Иран
Источник: izbrannoe.com

Первый послевоенный нефтяной кризис (1951 год). Национализация Ираном Англо-иранской компании, введение нефтяного эмбарго со стороны Великобритании

Принятый Ираном закон устанавливал с 1 мая 1951 года, что вся добываемая в стране нефть принадлежит иранской нации. Он также запускал процесс национализации имущества Англо-иранской компании (будущая British Petroleum), 51 % процент акций которой принадлежал британскому правительству. На основе этого



Добыча нефти в Иране

Источник: independentpersian.com

закона все получаемые дивиденды этой компании являлись основным источником доходов казначейства страны.

В ответ Великобританией были введены санкции и под угрозой преследования по закону владельцам танкеров запрещалось вывозить иранскую нефть, которую британцы сочли краденной из-за национализации. Кроме того, было введено эмбарго на поставку товаров в эту страну и соответствующих финансовых и юридических услуг [1].

Немаловажным являлось и то обстоятельство, что всеобъемлющее эмбарго на импорт иранской нефти поддержали и другие участники глобального нефтяного картеля («Семь сестер») – Exxon, Gulf Oil, «Техасо», Mobil, Chevron, Royal Dutch Shell, представленные в основном американскими компаниями, в то время безраздельно правившими на мировом нефтяном рынке.

Нефтяное эмбарго встряхнуло мировой нефтяной рынок из-за выпадения значительных объемов нефти в условиях войны на Корейском полуострове: в азиатских странах, ранее получавших иранскую нефть, было введено нормирование топлива, произошла почти полная отмена перелетов к востоку от Суэца [1].

В этой связи был задействован механизм погашения нефтяного дефицита,

впервые опробованный во время Второй мировой войны. Для его реализации был создан комитет по поставкам иностранной нефти. Совместно с британцами он занимался координацией усилий и распределением нефти из специального общего фонда. Перечисленные выше транснациональные нефтяные компании также приложили усилия по увеличению добычи нефти в США, Саудовской Аравии, Кувейте и Ираке с целью снижения остроты ситуации.

В ответ на введение эмбарго иранским руководством были выдворены из страны английские специалисты и советники, а далее, в связи с нарастающим давлением в октябре 1952 года – разорваны дипло-

На фоне первого иранского эмбарго 1951 г. возрастает выгода для американских компаний: так Arabian American Oil Company (Aramco) только за один год нарастила добычу нефти с 28 до 40 млн т

Нефтяное эмбарго против Ирана встряхнуло рынок на фоне войны на Корейском полуострове: в азиатских странах было введено нормирование топлива, были отменены авиаперелеты к востоку от Суэца

матические отношения с Великобританией. Удушающие санкции привели страну на грань разорения: ни одна страна не покупала иранскую нефть, уровень жизни в Иране катастрофически падал, начались брожения среди обнищавших масс [1].

Зато на этом фоне значительно возрастает выгода для американских компаний: так Arabian American Oil Company (Aramco) только за один год нарастила добычу нефти с 28 до 40 миллионов тонн [2].

Что касается британских властей, то уже в сентябре 1951 года ими планировалась военная операция по захвату нефтезавода в Абадане. Поводом стали потери

капиталовложений и опасения изменений в экономико-политическом порядке в регионе. Опасность вооруженного вмешательства насторожила американцев, так как они полагали, что в этом случае Иран мог отойти в зону советского влияния.

В этой связи ими было предложено стать посредниками в диалоге между сторонами, однако предпринятые дипломатические усилия не дали серьезных результатов. Тогда была разработана и осуществлена операция по смене действующего в стране режима, проведение которой возлагалось на ЦРУ, а контроль на МИ-6 [1]. В 1953 году переворот удался и «недоговороспособное» иранское правительство было смещено.

В 1954 году целый ряд американских нефтяных компаний зашел в Иран в рамках международного консорциума, изрядно потеснив британцев, ранее безраздельно осваивающих ресурсы этой страны [4]. Консорциуму на 25 лет были переданы права на разработку иранских нефтегазовых месторождений и управление иранской нефтяной отраслью с выкупом всей добываемой нефти, причем члены консорциума получили право продавать нефть самостоятельно. Таким образом, первый послевоенный нефтяной кризис послужил началом

НПЗ в Иране, закрытый во время британо-иранского нефтяного противостояния

Источник: verhoveen.livejournal.com



приобретения США статуса главной страны в нефтяном ближневосточном бизнесе [4].

Анализируя произошедшие события, мы можем фрагментировать последовательность развития ситуации на следующие этапы: объявление одной стороной эмбарго на нефть «неправильно ведущей себя» страны → запрет владельцам танкеров на перевозку такой нефти → запрет на поставку товаров в такую страну → дипломатические маневры → призыв к широкой поддержке ограничительных мер → военная операция → призыв увеличить добычу нефти в других странах → переброска нефти, изменение направлений ее поставки для снижения дефицита нефти.

Второй послевоенный нефтяной кризис или Суэцкий кризис (1956 год). Национализация Суэцкого канала, арабо-израильская Суэцкая война, нефтяное эмбарго со стороны Саудовской Аравии

Спусковым крючком к национализации Суэцкого канала считают [5] отмену в мае 1956 года обязательств западных стран по финансированию строительства Асуанской плотины (договоренности декабря 1955 года), вызванную недовольством западных стран «неправильной» политикой, проводимой египетским руководством. Ответная реакция последовала 26 июля 1956 года, когда от имени египетского народа Компания Суэцкого канала была национализирована, в последующем ввиду обострения обстановки произошло перекрытие (фактическая блокада) канала, про-

Поводом к национализации Суэца считают отмену в 1956 г. обязательств западных стран по финансированию строительства Асуанской плотины, вызванную недовольством политикой Каира



Корабли Суэцкого канала

Источник: Igor-SPb / Depositphotos.com

водки судов по которому были прекращены с октября 1956 по март 1957 года [3].

Компания Суэцкого канала была создана для строительства Суэцкого канала в 1859 году французами, и в дальнейшем занималась эксплуатацией канала. Причем первоначально акции компании покупались французскими рантье, что, собственно, и послужило формированию ошибочного мнения, будто канал был построен на средства французов. В последствии компания перешла под контроль Великобритании, которая содержала военную базу в зоне канала, так как считала его жизненно важным для британских интересов. Тем не менее по настоянию египетских властей был подписан договор, согласно которому к июлю 1956 года должен быть осуществлен полный вывод 80-ти тысячной британской группировки из Египта.

Британская позиция по национализации сводилась к решительному «нет», что мотивировалось достаточно просто – раз египтяне не располагают возможностями, чтобы обеспечить бесперебойное функционирование канала, который является объектом большого международного значения, то канал должен находиться под международным управлением. Подобная позиция поддерживалась французами, полагающими, что канал был построен на их деньги. В этой связи сразу после национализации Суэца были отозваны британские

и французские лоцманы, для того чтобы прекратить по нему судовые проводки.

Американцы, в отличие от британцев и французов, не ставили под сомнение законность национализации ввиду предложенной компенсации по акциям компании. С другой стороны, в рамках дипломатических усилий для контроля за развитием ситуации ими был разработан и представлен план Даллеса, содержащий предложения по созданию Ассоциации пользователей Суэцким каналом из 18 стран [1]. Причем предусматривалось, что эта ассоциация получит полномочия по управлению каналом: будет определять правила каким образом им пользоваться, нанимать лоцманов для проводки судов и собирать плату за проход. Египетской стороне причиталась лишь плата за использование сооружений в зоне канала. Понятно, что взгляды разных стран-пользователей отличались, так же как и принципиальная позиция египетской стороны, поэтому процесс формирования ассоциации затянулся (формально до октября 1956 года) [1].

Пробуксовка оформления привела к тому, что мнение о силовом решении проблемы возобладало. Учитывая логистические трудности доставки военной техники, британцы через французов (у которых были тесные связи с Израилем), привлекли израильтян к разработке военной операции. В октябре 1956 года Великобритания, Франция и Израиль заключили секретное

Война за Суэцкий канал 1956 года

Источник: techinformpress.ru



Воспользовавшись закрытием Суэца и нехваткой нефти зимой 1956–1957 гг. транснациональные нефтяные корпорации подняли цены до 1,5 доллара на тонну мазута и до 2 долларов на тонну нефти

соглашение в Севре о подготовке военного вмешательства: согласно плану, Израиль должен был атаковать Египет, а Великобритания и Франция вслед за этим выдвинуть ультиматум для высадки своих сил для «защиты» Суэцкого канала и разграничения воюющих сторон. Итогом военной операции стало бы решение своих территориальных вопросов Израилем, и возврат контроля над каналом Великобритании и Франции. При этом планируя, что в результате такой операции возможно возникновение дефицита нефти (при перекрытии канала), британцы были твердо уверены, что американские нефтяные компании, как это было ранее, компенсируют европейским странам недопоставки ближневосточной нефти.

Нет необходимости пересказывать военные действия сторон, также, как и дипломатические усилия США, СССР и ООН по урегулированию кризиса, об этом имеется достаточное количество специальной военной и исторической литературы. Остановимся на интересующих нас нефтяных аспектах кризиса.

В 1956 году европейские страны вывозили из Персидского залива 80 % потребляемой нефти, 60 % которой проходило через Суэцкий канал [2]. Военные действия в конце октября 1956 года против Египта привели к значительным повреждениям Суэцкого канала – он был частично разрушен, кроме того, египтяне заблокировали его, затопив 47 кораблей.

Давление Запада на египетские власти, чтобы склонить к вхождению в «правильные» военные блоки, запретить получать советское оружие, поставить на колени в связи с отказом западных институтов финансировать строительство Асуанской плотины и начало военных действий, – всё это сыграло на сплочение арабского мира

[3]. Проявляя солидарность, арабские страны предприняли ряд акций, самыми серьезными из которых было нефтяное эмбарго Саудовской Аравии применительно к европейским странам-агрессорам и перекрытие Сирией нефтепровода Iraq Petroleum Company к Средиземному морю. В итоге была разрушена сложившаяся система транспортировки и снабжения ближневосточной нефтью.

Последствием Суэцкого кризиса стал острый дефицит нефти в Великобритании и Франции. Так, в Великобритании с 7 ноября было принято решение о снижении потребления на 10 %, на фоне военных действий началось массовое изъятие вкладов, серьезно «зашатался» фунт стерлингов, на фоне этого Международный валютный фонд отказал этой стране как агрессору в выделении срочной финансовой помощи. А в зимний период там было введено нормирование потребления бензина, которое действовало по май 1957 года [1]. Надежды на поставки топлива из Америки в этой ситуации также оказались не оправданными, так как первоначально от США был получен отказ, поскольку предпринятая военная операция с ними не была согласована [4].

Только после вывода британских и французских войск из Египта американцы, наконец, дали согласие на централизованную поставку танкерных партий нефти в Западную Европу в рамках работы Комитета по поставкам иностранной нефти, который уже совместно с европейским чрезвычайным комитетом по нефтяным поставкам, занялся работой по схеме, отработанной во время первого нефтяного кризиса. Что касается европейских стран, то некоторые из них были вынуждены ограничить потребление нефтепродуктов и ввести на них повышенные налоги [1].

Воспользовавшись ситуацией на фоне закрытия канала и нехватки нефти зимой 1956–1957 гг. транснациональные нефтяные корпорации подняли цены до 1,5 доллара на тонну мазута и до 2 долларов на тонну нефти [2]. Такое повышение было оценено в сумму 1,25 миллиарда долларов для американцев и в 500 миллионов долларов для европейцев. В этой ситуации американская корпорация Еххон получила дополнительно более 100 миллионов долларов прибыли в 1956 году, а в первом полугодии 1957 года прибыль этой корпорации возрастает на 16 %. У американского концерна «Техасо» она увеличилась на 24 %,

Gulf Oil – на 30 %. Только в 1956 году американские нефтяные концерны в свете событий, связанных с Суэцким кризисом, получили доход в 1 миллиард долларов [2].

Несмотря на продолжающуюся мировую добычу нефти главной проблемой в условиях этого кризиса стал поиск новых оптимальных маршрутов поставки нефти и перегруппировка танкерных партий [1]. Необходимо было организовать перераспределение крупномасштабных танкерных поставок нефти в направлении Европы с месторождений в западном полушарии, чем и были заняты правительства стран, попавших под санкции, а также транснациональные корпорации, контролирующие в то время более 80 % мирового нефтяного экспорта.

Применяемую при этом схему распределения нефти между европейскими странами автор [1] определяет как «сахарница».

Смена таблички Англо-Иранской нефтяной компании на British Petroleum
Источник: bakhtiarifamily.com



Алгоритм действия состоял в том, что вся поступившая в Европу нефть распределялась специальной структурой – чрезвычайным комитетом по нефти, который непосредственно определял квоты на страну по специальной формуле, учитывающей потребление нефти до Суэцкого кризиса, текущий уровень запасов в стране и региональное энергетическое потребление. С учетом того, что в энергобалансе западноевропейских стран ближневосточная нефть не превышала 20 %, по утверждению [1], проблему нехватки нефти к весне 1957 года удалось компенсировать на 90 %.

Суэцкий кризис впервые показал необходимость уделять повышенное внимание безопасности путей доставки нефти и придал ускорение процессу перехода на использование супертанкеров.

По итогам кризиса, несмотря на военное поражение, Египет сохранил за собой национализированный Суэцкий канал. Что касается саудитов, то хотя выборочные санкции были сняты в сентябре 1957 года, ими был сделан вывод о том, что участие в нефтяном эмбарго и сокращение экспорта нефти, приводит к потере части рынков и собственных доходов. Американские корпорации получили баснословные прибыли, США как государство заработало «дивиденды» за счет урегулирования кризиса, и в январе 1957 года сформулировали свой новый подход, объявив Ближний Восток сферой жизненно важных интересов. Великобритания же, как полагают эксперты, потерпела унижительное поражение и фактически потеряла статус сверхдержавы [6].

Анализ произошедших событий в рамках Суэцкого кризиса дает возможность установить следующие этапы: экономическое и политическое давление → отзыв западных специалистов из «неправильно ведущей себя» страны → дипломатические маневры → попытка создания ассоциации пользователей каналом, которая будет диктовать условия работы → военная операция → введение эмбарго другой стороной → организация поставки танкерных партий нефти для ликвидации дефицита нефти → применение централизованного распределения нефти для снабжения заданных эмбарго стран по схеме «сахарницы».

Третий послевоенный нефтяной кризис (1967 год). Шестидневная арабо-израильская война. Закрытие Суэцкого канала. Применение «арабского нефтяного оружия»

С прошлого кризиса на Ближнем Востоке продолжала сохраняться ситуация неурегулированности ввиду экономических трудностей в арабских странах в силу нарастающего западного давления, обострения отношений между ними и непрекращающимися инцидентами на границе с Израилем [7].

В 1967 году нефть стала первым источником энергии во всем мире, обогнав уголь [2], в середине 1970-х годов она составила 54 % экономических мировых потребностей человечества. Взрывной рост потребности в нефти ощущался по всему миру: в период с 1948 по 1972 г. потребление нефти в США возросло в 3 раза (с 5,8 до 16,4 млн б/с);



Добыча нефти, Персидский залив
Источник: systemagic.ru

в Западной Европе – в 15 раз (с 970 тысяч до 14,1 млн б/с); в Японии – в 137 раз (с 32 тысяч до 4,4 млн б/с) [1]. На этом фоне количество иностранных участников в ближневосточной нефтяной промышленности значительно выросло с 19 нефтяных компаний во время Суэцкого кризиса до 81 к 1970 году, из которых 45 были американскими [1].

После Суэцкого кризиса в арабском мире росла убежденность в необходимости проведения совместной нефтяной политики, чему в немалой степени способствовали односторонние действия зарубежных концессионеров, ведущих добычу нефти на их территориях. Сначала British Petroleum в 1959 году заявила о сокраще-

нии на 10 % установленной цены на нефть, затем в августе 1960 года Standard Oil of New Jersey односторонне снизила цену на свою продукцию на 7 % [8]. В обоих случаях, арабские страны не были уведомлены заранее и поступления в их национальные бюджеты фактически были сокращены без их согласия и даже без консультаций с ними.

С учетом осознания важности нефтяных ресурсов для развития нефтедобывающих стран в сентябре 1960 г. Саудовская Аравия, Кувейт, Иран, Ирак и Венесуэла приняли решение об учреждении Организации стран-экспортеров нефти (ОПЕК), к которой в 1961 году присоединился Катар, в 1962 году – Индонезия, в 1964 году – Ливия, в 1964 году – эмират Абу-Даби, членство которого было распространено на образовавшееся позднее государство ОАЭ. Целью ОПЕК в первую очередь стала координация деятельности и выработка общей политики для защиты национальных интересов в нефтяной сфере.

В этот период американцы продолжили укреплять свои позиции в Саудовской Аравии и одновременно в Иране, следуя своей основной стратегии – любыми средствами сохранить контроль над регионом и не допустить там распространения советского

Делегация Саудовской Аравии на Багдадской конференции, итогом которой стало создание ОПЕК



Источник:
ОРЕС

Суэцкий кризис впервые показал необходимость уделять повышенное внимание безопасности путей доставки нефти и придал ускорение процессу перехода на использование супертанкеров

влияния. В условиях накаленной ситуации на Ближнем Востоке ими предпринимались дипломатические попытки разрядить ситуацию. Израиль же активно занимался укреплением своей боеспособности: были заключены сделки о покупке в рассрочку современных американских, британских и французских реактивных самолетов, тяжелых и легких танков и артиллерийских орудий, а также закуплены 300 американских танков у ФРГ.

В мае 1967 года египетские власти выдворили войска ООН из зоны канала, полагая, что в этом случае они смогут призвать Израиль к выполнению резолюции ООН



Делегация Кувейта поддержала создание ОПЕК на Багдадской конференции

Источник:
swishippo / Depositphotos.com

по Палестине и согласиться на создание демилитаризованной зоны в этом районе. Одновременно Египет установил блокаду израильских кораблей в заливе Акаба, и заключил тройственное соглашение с Иорданией и Ираком для подготовки к проведению военной операции против Израиля.

С учетом мнения [5], что «американцам неведом какой-либо иной метод привлечения на свою сторону неоднородных себе структур, кроме как силовой», полагают, что именно США были выгодны военные действия, которые мог начать их союзник в регионе, Израиль. В мае 1967 года США приступили к оказанию срочной военной помощи этой стране, которой была также

предоставлена возможность проводить воздушную разведку с американской базы в ФРГ и были доставлены американские «добровольцы», принимавшие активное участие в боевых действиях.

Собственно, неосмотрительные анти-израильские шаги Египта послужили поводом для Израиля начать войну – 5 июня 1967 года израильские войска предприняли наступление, опередив арабов. Накануне этого израильскому командованию были переданы снимки арабских аэродромов и других военных объектов, сделанные с американских спутников и самолетов-шпионов.

Учитывая, что среди арабских стран, уже начиная с Суэцкого кризиса, обсуждался вопрос о применении «нефтяного оружия», уже на следующий день после начала военных действий арабские министры нефтяной промышленности официально высказались за введение эмбарго против стран, поддерживающих израильтян – США, Великобритании и частично ФРГ. Полагают [5], что таким образом страны-экспортеры нефти хотели испробовать новый коллективный метод давления на Запад.

Уже 8 июня ситуация на нефтяном рынке обострилась: отгрузка арабской нефти упала на 60 % (Саудовская Аравия и Ливия полностью прекратили нефтедобычу) [8],

В 1967 году нефть стала первым источником энергии во всем мире, обогнав уголь, в середине 1970-х годов она составила уже 54 % мировых экономических потребностей человечества

В 1960 г. Саудовская Аравия, Кувейт, Иран, Ирак и Венесуэла объявили об учреждении ОПЕК, к которой в 1961 г. присоединился Катар, в 1962 г. – Индонезия, в 1964 г. – Ливия и эмират Абу-Даби

плюс снова, как и во время предыдущего кризиса произошла блокировка Суэцкого канала, прекращено судоходство и заминирован фарватер, также были перекрыты нефтепроводы из Ирака и Саудовской Аравии к Средиземному морю. Стрессовая ситуация с дефицитом нефти еще более усугубилась с началом гражданской войны в добывающей нефти Нигерии.

В условиях критической нехватки нефти была возобновлена работа комитета по поставкам иностранной нефти, который уже «разруливал» ситуацию во время первого и второго нефтяного кризисов и организовывал совместную переброску нефти в рамках американских и международных координирующих мер. Решающую роль сыграли транснациональные нефтяные корпорации, ибо как отмечалось в [9], они фактически выполняли функцию инструмента власти, с помощью которого правительства государств оказывают влияние на другие страны. Они же выступали в качестве экстратерриториального инструмента влияния, при помощи которого внешняя политика национального государства проводится посредством разветвленной сети таких корпораций.

В рамках этой работы решались проблемы с танкерами (на которые возник ажиотажный спрос) и реорганизовывалась транспортировка нефти, перераспределялись ее поставки по новым схемам: нефть из неарабских источников направлялась в подсанкционные страны, также как и нефть, поступающая на рынок, за счет увеличения производства в других регионах добычи. В 1960 г. Совет национальной безопасности США принял решение, что в случае прекращения поставок ближневосточной нефти необходимо будет задействовать созданный американский

резерв (законсервированные скважины), что и было сделано. В условиях этого кризиса расконсервированная нефть из резервов направлялась с западного побережья США на восточное побережье для загрузки имеющихся там НПЗ.

При недопоставке нефти арабскими странами в США, Англию и ФРГ, составляющую 1,5 млн баррелей в день, в 1967 г. американцы использовали имеющиеся резервы нефти. За счет этого американское производство выросло на 1 млн баррелей в день [1]. Положительную роль сыграло и появление супертанкеров (300 «тысячников»), загрузка которых по сравнению с Суэцким кризисом увеличилась в пять раз. Все это в сумме привело к достаточно быстрому разрешению ситуации с покрытием дефицита нефти.

Кроме того, немаловажным обстоятельством послужил и тот факт, что практически невозможно было отследить дальнейшие пути нефти, уже поступившей на международный рынок, что позволяло попавшим под эмбарго странам обходить запрет, закупая нефть у посредников, которые не были затронуты арабскими санкциями [8].

Поскольку мировые поставки нефти перераспределились стало очевидным, что «арабское нефтяное оружие» в полную силу не сработало, и потеряв значительную часть доходов, в начале сентября нефтедобывающие страны приняли решение об от-

Порт Козьмино

Источник: vitkaplin / Depositphotos.com



Газовоз «Маршал Василевский»

Источник: oilexp.ru

мене санкций. Израиль, по результатам военных действий увеличил свою территорию в четыре раза, и теперь обладал глубокой обороной. Ближневосточная политика США окончательно оформилась, в то же время по мнению академика Е. М. Примакова [3], «несомненный выигрыш Израиля в войне против Египта и Сирии не компенсировал для Соединенных Штатов их политические потери в арабском мире».

В то же время относительная легкость урегулирования третьего нефтяного кризиса породила в США чувство ложной защищенности от «арабского нефтяного оружия», полагая, что имеющиеся у них наработки позволят им применить это «контроружие» в случае повторения ситуации. Однако всё оказалось не так просто, и коллективному Западу пришлось убедиться в силе и мощи воздействия на мировую экономику использования скоординированного «арабского нефтяного оружия» во время следующего глобального мирового нефтяного кризиса 1973 года. Этот нефтяной кризис и до сих пор считается крупнейшим в истории нефтяной промышленности: страны-производители нефти сумели скоординированно оказать существенное влияние на мировые цены в свою пользу. А сила «арабского нефтяного оружия» погрузила коллективный Запад в пучину масштабного экономического кризиса, сопровождающегося высочайшей инфляцией и безработицей.

Зафиксируем последовательность действий и этапы развития ситуации в рамках третьего нефтяного кризиса: нарастающее экономическое давление → дипломатические маневры → вооруженная операция → коллективное введение эмбарго против ряда стран → организация поставки танкерных партий нефти для ликвидации дефицита нефти → призыв увеличить добычу нефти в других странах → расконсервация нефтяных скважин стратегического резерва → использование посредников при покупке нефти → применение централизованного распределения нефти для снабжения задетых эмбарго стран.

Подводя итог нашему рассмотрению, можно со всей определенностью сказать, что мы видим вполне определенное стереотипное шаблонное мышление коллективного Запада, которое выражается в повторении в той или иной форме последовательности фактически сходных действий, на фоне им самим вызванного кризиса.

Что общего во всех трех описываемых случаях? Думаю, нетрудно это установить – присутствие нефтяного эмбарго или санкций, давление на «неправильно ведущие себя» страны, дипломатические маневры, военную операцию. Далее в действие вступает коллективная машина западных стран по купированию кризиса на нефтяном рынке за счет призыва к увеличению добычи и поставок нефти, организации транспорта танкерных партий, и централизованного распределения нефти для снабжения задетых эмбарго стран (плюс участие посредников в торговле нефтью и использование стратегического резерва в последнем случае).

Переходя к сегодняшнему дню, мы видим, что группа недружественных стран

С началом войны на истощение между Египтом и Израилем ситуация на нефтяном рынке обострилась: отгрузка арабской нефти упала на 60%, плюс снова произошла блокировка Суэцкого канала

(сплоченных согласно народной поговорке принципом: «попал в стаю, не лай, а хвостом виляй!»), пытается в рамках шаблона действий, наработанного более полувека назад, повторить всё это для замены в Европе российской нефти. Причем налицо очевидный кризис идей, ибо тут опять в наличии:

- введение нефтяных санкций и ограничительных мер против топливно-энергетического комплекса;
- запрет владельцам танкеров перевозить «неправильную» нефть;
- отзыв западных специалистов и фирм;
- активные призывы увеличить добычу «правильной» нефти;
- расконсервирование стратегических нефтяных запасов;
- заявления о налаживании новых транспортных потоков по переброске нефти с других регионов (вплоть до Венесуэлы);
- обещание снабжать европейцев необходимыми объемами нефти из Америки;
- попытки создания «правильными» странами-потребителями нефти организации типа контр-ОПЕК (картель потребителей нефти), который

Сегодня мир изменился – на Китай, Индию и РФ приходится примерно 37% от общего объема потребляемых энергоресурсов, а на США – всего 15,2%, но шаблон действий Запада остался в XX веке

смог бы диктовать свои условия производителям нефти и определять уровень цен – калька с попытки создания Ассоциации пользователей Суэцкого канала;

- рассуждения еврокомиссаров о необходимости создать единые европейские хабы, чтобы в дальнейшем попробовать организовать распределение нефти между странами – калька с пресловутой «сахарницы».

Всё это мы уже видели раньше. Что касается инноваций недружественных стран, то можно отметить лишь обсуждение расприаренной темы о том, что они

Порт Нинбо Чжоушань. Провинция Чжэцзян, Китай

Источник: REUTERS / nippon.com



Порт Вадиар, Индия

Источник: nayaraenergy.com

работают над установлением предельных цен на нашу «неправильную» нефть, запретом на страховку танкеров с российской нефтью, введением пошлин на нашу трубопроводную нефть. Не нужно быть продвинутым экономистом, чтобы понять, что все это вернется бумерангом за счет значительного роста конечной цены приобретаемой нефти.

Сегодня мир изменился – на Китай, Индию и РФ в сумме приходится примерно 37% от общего объема потребляемых энергоресурсов, а на «гегемона» – США – всего 15,2% [10]. Образ же мышления и шаблон действий недружественных стран во гла-

ве с гегемоном остался в прошлом веке. В этой связи следует напомнить две очень интересные характеристики наших «доброжелателей»: а) «в течение десятилетий дешевая нефть «сделала людей Запада процветающими, но также наглыми и слепыми» [2]; б) «что касается американцев, то им присуща глубокая убежденность в том, что только они способны установить «мир», и знают каким должен быть «порядок» [5].

Закончить настоящую статью хотелось бы изречением выдающегося русского историка Василия Ключевского: «История ничему не учит, а только наказывает за незнание уроков».

Использованные источники

1. Ергин Д. Добыча: Всемирная история борьбы за нефть, деньги и власть. М.: Альпина Паблишер. 2011. – 944 с.
2. Лоран Э. Нефтяные магнаты: кто делает мировую политику? – М.: Родина. 2020. – 336 с.
3. Примаков Е.М. Конфиденциально: Ближний Восток на сцене и за кулисами (вторая половина XX – начало XXI века). 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Российская газета. 2012. – 414 с.
4. URL: https://neftegaz.ru/analysis/oil_gas/330185-istoriya-neftyanykh-krizisov-i-antikrizisnoe-iskusstvo/
5. Белоусова К.А. Политика США на Ближнем Востоке в 1958–1975 гг. 2-е изд., испр. и доп. – М.: МПГУ. 2015. – 276 с.
6. Доминик Ливен. Российская империя и её враги с XVI века до наших дней. – М.: Европа. 2007. – 199 с.
7. Скороходова О.Н. Роль нефтяного фактора в международных отношениях (1973–1986 гг.). Автореф. дисс. ... канд. ист. наук. 2015. МГУ. – 25 с.
8. Юджин Роган Арабский мир и нефтяное оружие // Новое литературное обозрение. №4 (126), 2019. С. 91–113.
9. Vivoda V. International Oil Companies, US Government and Energy Security Policy: An Interest-Based Analysis. // International Journal of Global Energy Issues. 2010. vol. 33(1/2). PP. 73–88.
10. URL: https://riafan.ru/23514483-energeticheskoe-okno-dlya-zapada-zakrivaetsya?utm_source=finobzor.ru



Берлин

Источник: bitpics / Depositphotos.com

УДК 620.9

DOI 10.46920/2409-5516_2022_9175_22

EDN: GALCSP

Один кубометр миллиард бережет

One cubic meter saves a billion

Светлана САЙГАТКИНА
Обозреватель журнала
«Энергетическая политика»
e-mail: anna.gorshik@yandex.ru

Svetlana SAYGATKINA
Columnist for the Energy Policy magazine
e-mail: anna.gorshik@yandex.ru

Газопровод «Северный поток 2»

Источник: YurikswO / Depositphotos.com



Аннотация. Санкции ЕС против России привели к необходимости снижения потребления газа со стороны европейских потребителей. Статья анализирует возможности экономик стран ЕС по сокращению потребления и варианты развития ситуации зимой 2022–2023 гг. без российского газа.

Ключевые слова: газ, санкции, ограничения потребления, спотовые цены.

Abstract. EU sanctions against Russia have led to the need to reduce gas consumption by European consumers. The article analyzes the possibilities of the economies of the EU countries to reduce consumption and options for the development of the situation in the winter of 2022–2023 without Russian gas.

Keywords: gas, sanctions, consumption restrictions, spot prices.

//

Потребление газа 27 стран ЕС в 2021 г. выросло на 3,2% – до 412,3 млрд м³ и, несмотря на высокие цены, вернулось к уровню 2019 г.

После неудачных попыток найти дешевый газ из других источников кроме России и проблем применения санкций, которые привели к существенному сокращению поставок газа через «Северный поток», Евросоюз принял решение снизить потребление газа на 15%. Впрочем, аналитики видят в этом фиксацию статус-кво: нынешние цены превысили разумные уровни, которые могут платить потребители, что и приводит к естественному сокращению спроса.

Помнишь, как все начиналось?

Цены на газ резко выросли еще во второй половине 2021 года, и «хотя в некоторой степени это было ожидаемо в контексте восстановления экономики после COVID-19 и ослабления ограничений



Газовая турбина большой мощности
Источник: Беликов Валентин / dp.ru

на поездки, цены на энергоносители выросли больше, чем ожидалось» – признают в Евросоюзе.

Спотовая цена газа на голландской площадке TTF выросла с октября 2020 года по октябрь 2021 года с примерно \$150 за тыс. кубометров до \$550 за тыс. кубометров. К началу 2022 года котировки достигли уже \$1500 за тыс. кубометров. Уже осенью многие промышленные предприятия, в частности, производители удобрений, использующие газ в качестве сырья, начали сокращать выпуск продукции, и даже закрывать часть заводов из-за слишком высоких цен.

Мировой спрос на газ в 2021 году, свидетельствует отчет BP, вырос на 5,3%, превзойдя допандемийный уровень, и впервые превысил 4 трлн кубометров. Тем не менее его доля в первичном потреблении энергии

осталась неизменной по отношению к прошлому году – 24 %. Спрос на энергию вырос также на 5,8 %, это означает, что потребители сохранили интерес к газу, несмотря на возросшие цены.

Исходя из данных Eurostat, потребление газа 27 стран ЕС в 2021 году выросло по сравнению с 2020 годом на 3,2 % – до 412,3 млрд кубометров и, несмотря на высокие цены, вернулось к уровню 2019 года. Стоит отметить, что цены выросли не только на газ, но и на другие

долгое жаркое лето и более широкое применение охлаждающих устройств. Кроме того, в мире наблюдался повышенный спрос на сжиженный природный газ (СПГ), в частности, в Азии, где шло быстрое восстановление экономики после ковидных ограничений.

Тем не менее, на «Газпром» сыпались обвинения в ограничении поставок. Компания и ее европейские клиенты объясняли, что она исполняет все запросы потребителей, но эти доводы ставились под сомнение



Диагностика газопровода «Северный поток» при помощи интеллектуальных поршней

Источник:
ПАО «Газпром»

энергоносители, в частности, нефть и уголь.

В период с декабря 2020 года по декабрь 2021 года импортная цена на энергию в зоне евро увеличилась более чем вдвое, а потребительские цены на электроэнергию, газ и другие виды топлива выросли на 25 %. Внутренние цены производителей на энергоносители подскочили почти на три четверти (73 %), подсчитали в Евросоюзе.

Еврокомиссия полагает, что повышение стоимости энергоносителей способствовал ряд факторов: беспрецедентный рост цен на газ на мировых рынках – более 170 % в 2021 году, долгая холодная зима в начале 2021 года, увеличившая использование отопления, за которой последовало

политиками. Россия, в свою очередь, подзревала, что некоторые европейские клиенты перепродают ее газ, поставляемый по долгосрочным контрактам с привязкой к цене на нефть, на спотовом рынке, где цены были в несколько раз выше.

Стоит отметить, что ранее объявленные планы Европы по постепенному отказу от ископаемого топлива в рамках борьбы с изменением климата, предусматривали снижение закупок угля и нефти, но газ должен был стать дешевым и наиболее «зеленым» энергоресурсом на пути перехода к использованию возобновляемых источников энергии и водорода.

В большей степени эта политика и привела к резкому росту цен на ископаемые

энергоносители, отягощенная снижением генерации от возобновляемых источников и ряда аварий и ремонтов. Инвесторы перестали вкладывать в разработку нефтегазовых ресурсов, угольные электростанции начали постепенно закрываться, атомная энергетика также попала в опалу – ее использование стало казаться опасным после аварии на Фукусиме.

Выстрел в легкие

Конфликт на Украине еще больше подорвал энергетические рынки, усилив давление на стоимость энергоресурсов и породив опасения по поводу безопасности энергоснабжения Евросоюза, жалуются в ЕС.

В феврале 2022 года в качестве санкций против России Евросоюз объявил о намерении отказаться от импорта российских энергоносителей, в частности к 2027 году – от российского газа. Цены на «голубое» топливо взлетели выше \$2000 за тыс. кубометров.

В настоящее время Россия является основным поставщиком нефти и природного газа, а до 1 августа – и угля для ЕС. В прошлом году на долю российского газа (трубопроводного и сжиженного) пришлось 37 % потребления 27-ю странами ЕС, импорт российской нефти и нефтепродуктов составил 25 % европейского импорта, а уголь из России покрывал 20 % потребления угля.

В 2020 году энергобаланс Евросоюза в основном составляли нефтепродукты (бензин, дизтопливо, мазут) – 35 % конечного потребления энергии. На втором месте – электричество (23 %), далее следует газ (22 %), затем возобновляемые источники энергии (которые не преобразуются в электричество, например, древесина, солнечная тепловая энергия, геотермальная энергия или биогаз для отопления помещений или производства горячей воды) – 12 %, производное тепло (например, централизованное теплоснабжение) – 5 % и твердое ископаемое топливо (в основном уголь) – 3 %.

Реальное потребление возобновляемой энергии превышает 12 %, поскольку в электроэнергию включены другие возобновляемые источники (например, гидроэнергетика, ветровая и солнечная энергетика).

С 1 августа Евросоюз полностью отказался от поставок российского угля, с декабря намерен отказаться от импорта 90 %

российской нефти, с февраля 2023 года – от российских нефтепродуктов.

Премьер-министр Венгрии Виктор Орбан назвал санкции ЕС «выстрелом в легкие». «Сначала я думал, что мы просто выстрелили себе в ногу, но сейчас кажется, что европейская экономика выстрелила себе в легкие, и поэтому она сейчас везде задыхается», – сказал он.

Самоограничения

В процессе бурных обсуждений европейцы особо подчеркивали, что не смогут сразу отказаться от газа, в отличие от угля и нефти.

Однако после того, как возникли проблемы с обслуживанием газовых турбин на газопроводе «Северный поток» компанией Siemens и, соответственно, снижением

Здание ЕК в Брюсселе

Источник: jorisvo / Depositphotos.com



прокачки газа из России в Европу, последняя сочла, что нужно готовиться к худшему варианту – перспективе полного отключения к концу 2022 года.

Как известно, сначала Канада из-за санкций отказалась вернуть отремонтированную турбину для «Северного потока». После долгих переговоров ЕС и Канады последняя отправила ее в Германию, а та готовилась переправить в Россию. Но «Газпром» счел это нарушением контракта и риском новых санкций. «Санкционные режимы Канады, ЕС, Великобритании и несоответствие существующей ситуации действующим контрактным обязательствам со стороны Siemens делают поставку двигателя 073 на КС «Портовая» невозможной», – заявила российская компания.

Кроме того, «Газпром» запросил гарантий неприменения санкций и в отношении других турбин, а между тем уже подошел их срок планового ремонта, а еще на одной выявлены неисправности. В результате, в рабочем состоянии находится только один из шести основных газоперекачивающих агрегатов (а также горячий резерв такой же мощности), суточная производительность КС «Портовая» (головная станция газопровода «Северный поток») составляет не более 33 млн кубометров газа при мощности в 167 млн кубометров в день.

Текущие мощности по поставкам газа из России в Европу составляют порядка 370 млн кубометров в сутки: 167 млн кубометров газа в день – «Северный поток 1», 109 млн кубометров – через Украину и еще порядка 90 млн кубометров газа в сутки – мощности «Ямал – Европа». Частично российский газ поставляется в ряд стран Европы через «Турецкий поток». И не будем забывать про еще 167 млн кубометров мощностей «Северного потока 2»,

Мировой спрос на газ в 2021 году вырос на 5,3 %, превзойдя допандемийный уровень, и впервые превысил 4 трлн м³, но его доля в первичном потреблении энергии осталась неизменной



Компрессорная станция «Портовая»
Источник: *gazprom.ru*

который построен, но не сертифицирован из-за санкций.

С декабря 2021 года «Газпром» не бронирует «Ямал – Европа» ввиду отсутствия заявок на импорт со стороны европейских потребителей, газопровод использовался в реверсе для транспорта газа из Германии в Польшу.

Более того, в апреле Польша внесла «Газпром» в санкционный список, заблокировав для компании возможность осуществлять права по акциям и другим ценным бумагам EuRoPol GAZ (владелец польского участка «Ямал – Европа»), и получать дивиденды. В мае последовал указ президента России Владимира Путина, запретивший для «Газпрома» совершение сделок и платежей в адрес EuRoPol GAZ, что означает запрет на транспортировку российского газа через Польшу.

В мае 2022 года Украина объявила форс-мажор приема газа для транзита через ГИС «Сохрановка», объясняя это тем, что не может осуществлять оперативно-технологический контроль за компрессорной станцией «Новопсков». Маршрут через «Сохрановку» обеспечивал транзит более 30 млн кубометров в сутки. Российская компания считает, что оснований для форс-мажора не существует, как нет и препятствий для продолжения работы в прежнем режиме. У «Газпрома» заключен контракт на транзит по территории Украины в объеме не менее 40 млрд кубометров газа в год до 2024 года, что соответствует

суточным поставкам в объеме 109 млн кубометров газа.

Таким образом, в августе поставки «Газпрома» в Европу составляют примерно 75 млн кубометров газа в сутки.

Лучше перебдеть

ЕС не считает доводы «Газпрома» относительно «Северного потока» обоснованными, призывает забрать турбину и качать газ. Одновременно Еврокомиссия призывает готовиться к полной остановке поставок. «Недавняя эскалация перебоев с поставками газа из России указывает на значительный риск того, что полное прекращение поставок российского газа может произойти в ближайшем будущем внезапным и односторонним образом», – подчеркивают в ЕК, полагая, что ее преднамеренное снижение спроса на газ позволит сбить цены на него.

На кону – вопрос о безболезненном прохождении зимы не только этого года, но и последующей.

Чтобы подготовиться к предстоящему осенне-зимнему периоду Совет ЕС в августе принял постановление о добровольном сокращении спроса на природный газ на 15 % – с 1 августа 2022 года по 31 марта 2023 года. Снижение будет отсчитываться от среднего потребления за последние пять лет в восьмимесячный период с августа по март, начиная с 1 августа 2017 года.

Варшава, Польша

Источник: *filipw / Depositphotos.com*



В феврале 2022 года в качестве санкций против России Евросоюз объявил о намерении отказаться от импорта российских энергоносителей, в частности к 2027 году – от российского газа

Постановление предусматривает возможность для совета инициировать «предупреждение Союза» о безопасности поставок, и в этом случае сокращение спроса на газ станет обязательным. Такое предложение может последовать в случае существенного риска серьезной нехватки газа или исключительно высокого спроса на газ, или если пять или более государств-членов, объявивших предупреждение на национальном уровне, попросят об этом Еврокомиссию.

Будет разработан инструмент, предусматривающий возможность обязательного сокращения спроса на газ для всех государств-членов, чтобы усилия по сокращению были одинаковыми для всех, и действовать он должен начать до осени 2022 года.

Согласно статистике Eurostat, в указанный период в среднем 27 стран Евросоюза потребляли 1240 млн кубометров газа в сутки или 301 млрд кубометров за указанные 8 месяцев. Таким образом, в предстоящий осенне-зимний период страны ЕС в целом должны сократить потребление на 45 млрд кубометров газа от среднего 5-летнего уровня. ЕК не указывает, нужно это сделать одномоментно, исходя из посуточного потребления, или к концу отопительного сезона.

Стоит отметить, что суточное потребление газа в ЕС в предыдущий 8-месячный период составляло уже 1210 млн кубометров в сутки, а процент снижения от уровня 2021–2022 года варьируется по разным странам.

При этом можно ограничить референтную базу для расчета только объемом газа, использованным в качестве сырья. В таком случае снижение будет меньше.

По оценке руководителя лаборатории низкоуглеродной и циркулярной экономики



Прага в снегу

Источник: martin-kotek.livejournal.com

центра устойчивого развития Школы управления «Сколково» Никиты Доброславского, на такие промышленные отрасли, как химическая, сталелитейная, бумажная, цементная и пищевая, приходится почти четверть потребления природного газа в ЕС. Из них 85 % используются для обогрева помещений и технологических процессов, а остальные 15 % служат сырьем, в основном для химического сектора. За последнее десятилетие промышленное потребление природного газа в Европе практически не уменьшилось, заметил он.

Но для любого правила есть и исключения, ведь ситуация в разных странах Евросоюза различается – некоторые государства зависят на 100 % от российского газа,

другие – гораздо меньше. Например, Чехия и Венгрия почти на 100 % зависят от российского газа, Германия – на 65 %, Италия и Греция – примерно на 40 %, а Испания и Бельгия – на 9 и 7 % соответственно.

Так, некоторые страны могут понизить планку сокращения спроса на газ, если они имеют ограниченные соединения с другими странами ЕС и способны доказать, что их экспортные мощности и внутренняя инфраструктура СПГ используются для перенаправления газа в другие государства-члены в полной мере.

«Государства-члены также могут ограничить свои цели сокращения, если они превысили целевые показатели по заполнению хранилищ газа, если они сильно

В 2022 г. на долю российского газа пришлось 37 % потребления ЕС, закупки российской нефти и нефтепродуктов составили 25 % европейского импорта, а уголь из России покрывал 20 % потребления

зависят от газа как сырья для важнейших отраслей промышленности или они могут использовать другой метод расчета, если их потребление газа увеличилось не менее чем на 8 % с прошлого года по сравнению со средним показателем за последние пять лет», – объясняют в Брюсселе. Так, если страна с августа 2021 года по 31 марта 2022 года увеличила потребление минимум на 8 %, то ей нужно отсчитывать 15-процентное снижение по сравнению с периодом август 2021 – март 2022 гг.

Страны Евросоюза, электросети которых не синхронизированы с европейской

электроэнергетической системой и в большей степени зависят от газа для производства электроэнергии, будут освобождены от обязательных сокращений газа в случае десинхронизации с сетью третьей страны, чтобы не допустить кризиса электроснабжения.

При этом, вышеуказанные три исключения применяются к обязательным мерам по сокращению спроса без ущерба для существующих долгосрочных контрактов.

Страны ЕС, не подключенные к газовым сетям других государств-членов, освобождаются от обязательных сокращений газа, поскольку они не смогут высвободить значительные его объемы для других членов ЕС.

Как сокращать?

Предполагается, что, выбирая меры по сокращению спроса, государства-члены ЕС не будут затрагивать защищенных клиентов – домашние хозяйства и поставщики основных услуг для функционирования общества, такие как критические объекты жизнеобеспечения, здравоохранение, а также оборона.

Возможные меры включают сокращение потребления газа в электроэнер-

Рим в снегу

Источник: EPA ALESSANDRO DI MEO / viagens.sapo.pt



Таблица 1

Потребление, млн кубометров/сут.	ЕС-27	Бельгия	Чехия	Denmark	Германия	Испания	Франция	Италия	Венгрия	Нидерланды	Австрия	Польша
2021–2022 гг.	1 211	51	28	8	279	101	126	235	36	110	29	63
среднее за 5 лет	1 240	55	28	9	284	95	132	228	35	131	29	65
15 %	186	8	4	1	43	14	20	34	5	20	4	10
2022–2023 гг.	1054	47	24	8	241	81	112	194	29	111	25	55
Изм-е 2023/2022 гг.	-13 %	-8,3 %	-13,3 %	-5,4 %	-13,4 %	-19,6 %	-11,3 %	-17,4 %	-18,3 %	1,2 %	-13,9 %	-12 %
Всего изм-е, млн кубометров	38204	1033	899	106	9099	4785	3472	9912	1598	-317	976	1829

Месяц	2021 год	2022 год	изм-е
Январь	53 856	49 689	-8 %
Февраль	44 707	40 442	-10 %
Март	43 055	39 898	-7 %
Апрель	36 142	28 821	-20 %
Май	26 831	20 996	-22 %
Всего, 5 мес.	204 591	179 846	-12 %

Таблица 2. Потребление газа в странах ЕС-27, млн кубометров

гетическом секторе, меры по поощрению перехода на другой вид топлива в промышленности, национальные кампании по повышению осведомленности, целевые обязательства по сокращению расходов на отопление и охлаждение, а также аукционы между компаниями.

Замглавы Фонда энергетической безопасности Алексей Гривач считает, что везде, где это было возможно без кардинальной перестройки инфраструктуры газ уже был замещён, так как уже с конца сентября прошлого года газ в среднем на споте стоит более \$1000 за тыс. кубометров. «Это выше исторического пика нефтяной цены в \$147 за баррель, который кратковременно был достигнут летом 2008 года. Это абсолютно запретительный уровень для всех категорий потребителей», – подчеркнул он.

Пока известна статистика лишь за 5 месяцев 2022 года и уже по апрелю и маю видно снижение к показателям 2021 года примерно на 7 млрд кубометров в месяц или на 20–22 %. При этом в самый сложный осенне-зимний период с августа 2021 года по март 2022 года, когда цены били рекорды без учета влияния конфликта на Украине, среднее потребление в ЕС упало лишь на 5 % к тому же периоду 2020–2021 гг.

По словам А. Гривача, электроэнергетика и промышленность там, где это было физически возможно, перешла на уголь или мазут. «Бытовым потребителям сложнее. У них две быстрые опции – дрова и электроэнергия. Только цены на них тоже очень сильно выросли. Кроме того, переход на электрическое отопление повысит на-

Аномальная жара во Франции

Источник: big-rostov.ru



Пожары в Испании, вызванные аномальной жарой

Источник: AP PhotoGregorio Marrero / bonnenews.com

грузку на сети и увеличит число аварийных отключений», – подчеркнул он.

Что касается повышения осведомленности, то европейские правительства посоветовали своим гражданам предпочитать душ принятию ванны, а где можно, то сокращать и использование душа, не усердствовать с кондиционерами и обогревателями. Премьер Испании Педро Санчес призвал министров, чиновников и руководителей бизнеса не надевать галстук без необходимости.

Многие немецкие города уже внедряют или рассматривают меры по энергосбережению, например, выключают освещение достопримечательностей, думают, какие светофоры можно отключить, снижают температуру в общественных бассейнах.

Предприятиям, по возможности, рекомендуется использовать удаленную работу. Такая мера может снизить расходы топлива на транспорте, но вряд ли на электроэнергию, за которую, к тому же, придется платить работнику, а не предприятию.

Как назло, цены взлетели не только на газ, но и на электроэнергию. Причинами ценовых рекордов в энергетике аналитики видят в низком уровне гидроэнергетики, что наблюдалось еще задолго до начала лета: Италия и Испания, крупные производители гидроэлектроэнергии, в первом

полугодии продемонстрировали снижение выработки примерно на 40 % по сравнению с прошлым годом.

Кроме того, наступившая жара увеличила потребление энергии для кондиционирования воздуха, а также повысила температуру в системах охлаждения атомных, угольных и газовых электростанций, снизив их деятельность по всей Европе.

«Как правило, жаркая погода также негативно влияет на скорость ветра, и другие источники должны компенсировать любое снижение выработки ветровой энергии. В Европе это, как правило, газовая энергогенерация», – пишет Rystad Energy.

Мощности по поставкам газа из РФ в ЕС составляют 370 млн м³ в сутки: 167 млн м³ в день – «Северный поток 1», 109 млн м³ – через Украину и еще 90 млн м³ – «Ямал – Европа»

В рамках подготовки к предстоящему осенне-зимнему периоду Совет ЕС принял постановление о добровольном сокращении спроса на природный газ на 15% с 1 августа 2022 г. по 31 марта 2023 г.

В конце июля Франция впервые преодолела барьер в 500 евро за МВт·ч и продолжает расти выше этой отметки, в Германии цены значительно ниже, но и здесь установлены новые рекорды в 400 МВт·ч.

В условиях, когда счета за газ и электричество взлетели в 2–3 раза, жители Европы невольно начинают экономить, и особых распоряжений им не нужно.

Так, например, в Великобритании, которая, правда, не входит в ЕС, и не обязана предпринимать меры по снижению спроса, консалтинговой компанией Cornwall Insight было проведено исследование, в котором прогнозируется, что типичный счет за электроэнергию для домашних хозяйств в Великобритании вырастет до 4420 фунтов стерлингов в апреле следующего года, что более чем в три раза превышает уровень, который был в начале 2022 года.

Но в зимний период Великобритания часто использует поставки газа из Европы для сезонной балансировки, хотя в остальное время поставляет газ в обратном направлении. При этом в Британии большинство домов отапливается газом, а около 40% электроэнергии работает на газе, что выше показателей большинства европейских стран.

Многие профессиональные союзы и ассоциации говорят о будущих проблемах граждан и предприятий. Глава Немецкого союза квартиросъемщиков Лукас Зибенкоттен опасается, что миллионы людей в Германии из-за роста цен на газ окажутся не в состоянии оплачивать расходы за отопление.

Это касается не только граждан, но и предприятий. Так, германская Uniper, контрольный пакет которой принадлежит финской Fortum, из-за слишком высоких цен на покупку газа, запросила государ-

ственной помощи. В результате германское правительство согласилось купить пакет акций компании (доля Fortum снизится с 80 до 56%), компенсировать затраты на рост издержек на закупку газа, а также при необходимости предоставить дополнительную помощь.

В Германии уже действует второй из трех уровней предупреждения чрезвычайной ситуации в газоснабжении, поэтому эксперты считают, что у страны есть три месяца, чтобы спастись от дальнейших сложностей, отмечает руководитель Московского энергетического центра «Б1» Ольга Белоглазова.

Ожидается, что в следующем месяце Северная Македония, которая также сильно зависит от российского газа, объявит чрезвычайное положение в области энергетики, что позволит правительству объявить о дополнительных мерах и поддержке.

Швеция вслед за Данией активизировала первый этап плана аварийного газоснабжения для западной и южной частей страны.

Венгрия объявила чрезвычайное положение в сфере энергетики, которое предполагает, в частности, запрет на экспорт энергоносителей и дров, увеличение добычи угля, ускорение перезапуска блоков угольной электростанции «Матра», продление срока работы АЭС «Пакш».

Власти Франции планируют полностью национализировать крупнейшую в мире

Аномальные холода со снегом и дождем в Риме, Италия
Источник: VINCENZO PINTO Getty Images / sfchronicle.com



Сильные ветра в Германии
Источник: ch.shotoe.com

компанию-оператора атомных электростанций Electricite de France (EdF).

«По оценке Еврокомиссии, прекращение поставок российского газа в ЕС потенциально может сократить его валовой внутренний продукт (ВВП) на целых 1,5%, если зима будет холодной и регион не примет превентивных мер по энергосбережению. В случае средней зимы отсечка может снизить ВВП на 0,6–1%», – говорит Н. Доброславский.

Из наиболее пострадавших стран Центральной и Восточной Европы – Венгрии, Словакии и Чехии – существует риск нехватки до 40% потребления газа и сокращения ВВП до 6%, добавил он.

ЕК оценивает возможности введения предельных цен на газ и с этой целью будет консультироваться с государствами-членами (и международными партнерами, где это уместно), и по мере необходимости представит отчет осенью с конкретными предложениями. Впрочем, подобная инициатива относительно закупок российской нефти пока не получила развития, как сложно реализуемая.

Раскольники

Изначально против мер по сокращению потребления газа выступили Венгрия, Португалия, Испания и Греция, но официально проголосовали против только Венгрия и Польша. Польша отдельно выступила

против того, чтобы какое-либо государство или Еврокомиссия налагали ограничения на другие государства. «Республика Польша не согласна с тем, что одно государство должно решать за другое вопросы в энергетической политике или что ЕК должна иметь полномочия в этой области. Энергетическая политика и энергетическая безопасность являются исключительной политикой и ответственностью государств-членов», – говорится в заявлении республики.

Польша заявила также, что заполнила свои хранилища на 100%, что, кстати, дает ей право ограничить свои цели сокращения потребления газа, и не будет ни с кем делиться. «На этот сезон мы обеспечены. Прежде всего, у нас уже 100% газа в хранилищах», – заявила министр климата и окружающей среды Польши Анна Москва, подчеркнув, что так же дела обстоят и с углем, и пообещала полякам теплую зиму.

Заметим, что Польша отказалась платить «Газпрому» по новой схеме в рублях и с конца апреля не получает российский газ, так же, как и Болгария.

При том, что Польша успела закупиться в том числе тем же российским газом, взятым реверсом через Германию по газопроводу «Ямал – Европа». «Это наш российский газ, который оказался для поляков дешевле. Они брали у нас по достаточно дорогой цене, ближе к рыночной, а Германия берет у нас по долгосрочным контрактам – в 3–4 раза дешевле, чем рыночная цена. Немецким компаниям выгодно с небольшой премией продавать полякам. Полякам выгодно покупать, потому что это дешевле, чем брать от нас напрямую», – констатировал президент РФ Владимир Путин.

Вместе с тем именно Германию Польша объявила инициатором введения фактически нормирования потребления природ-

Некоторые государства ЕС, например Чехия и Венгрия, зависят на 100% от российского газа, Германия – на 65%, Италия и Греция – примерно на 40%, а Испания и Бельгия – на 9 и 7% соответственно

ного газа. Как заявил заместитель министра юстиции Польши Себастьян Калета, «де-факто это инициатива Германии, мы в очередной раз видим, что Европейская комиссия инструментально используется Берлином, чтобы реализовывать немецкие интересы».

Депутат сейма Польши от правящей партии «Право и справедливость» Яцек Оздоба выразился жестче. «Страна, которая разрушила безопасность Европейского союза и дальше продолжает это делать с помощью «Северного потока», сегодня хочет заставить Польшу снизить потребление газа – это абсолютно скандальное поведение».

«Никто не может заставить нас регламентировать газ или вводить другие ограничительные меры», – заявила А. Москва. «Никто не отберет наш газ. Подчеркиваю –

Берлинский городской пейзаж
Источник: sepavone / Depositphotos.com



ЕК не может нас ни к чему принудить. Без свободы нет солидарности, и она заканчивается там, где начинается принуждение», – провозгласила она.

Греция добилась включения в текст положения, которое позволяет ей рассчитывать сокращение потребления природного газа не по отношению к среднему показателю за последние пять лет, а по сравнению с предыдущим годом. Исходя из расчетов, ей придется снизить потребление на 84 млн кубометров газа в сутки меньше, чем если пришлось бы по общей формуле.

Кроме того, Греции вместе с Испанией, Италией и Португалией удалось включить пункт, согласно которому в случае возникновения чрезвычайной ситуации в секторе производства электроэнергии из расчета могут быть исключены объемы газа, используемые электростанциями, критически важные для стабильности энергосистемы.

Венгрия же, которая добилась для себя исключений в нефтяном эмбарго, и вовсе поехала в Москву договариваться о росте поставок газа на 700 млн кубометров. Судя по словам госсекретаря МИД Венгрии по двусторонним отношениям Тамаша Менцера, «Газпром» уже начал дополнительные поставки сверх установленных контрактов по «Турецкому потоку», ежедневный дополнительный объем до конца августа составляет 2,6 млн кубометров.

Где газ?

Еврокомиссия заявила, что в срочном порядке продолжит работу по обеспечению дополнительных поставок газа и СПГ и по облегчению совместных закупок газа.

По данным статистического справочника ВР, в 2021 году Европа (включая Великобританию, Турцию и др. страны) импортировала 341 млрд кубометров газа, из них 233 млрд кубометров – по трубопроводам: 167 млрд кубометров из России, 37 млрд кубометров – поставлено из Африки, 20 млрд кубометров – страны СНГ и 9 млрд кубометров – из стран Ближнего Востока.

Еще 108 млрд кубометров пришло в Европу в сжиженном виде: больше всего приняла Испания (21 млрд кубометров), Франция (18 млрд кубометров), Великобритания (15 млрд кубометров), Турция (14 млрд кубометров), Италия (10 млрд кубометров), Бельгия (5,5 млрд кубометров). Еще около 25,5 млрд кубометров поступило в другие страны Европы.

При этом крупнейшим поставщиком СПГ стали США – 31 млрд кубометров, далее Катар – 23 млрд кубометров, на третьем месте Россия – 17 млрд кубометров, еще 15 млрд кубометров импортировано из Алжира и 13 млрд кубометров – из Нигерии.

По словам А. Гривача, ситуация с возможностью перетоков газа, поставляемого в виде СПГ, далее по разным странам континента разнится, в зависимости от регионов: на Северо-Западе система очень

компания обнаружили в газе, поступающем из Великобритании слишком высокую концентрацию опасных примесей, из-за которых в этом году уже два раза пришлось останавливаться на ремонт. Рост объемов прокачки может усугубить эту проблему и повысить риск нарушения поставок, предупреждают европейские газовые компании.

Осенью в США ожидаются ураганы, которые осложняют работу СПГ-заводов. «Некоторые мощности – импорт СПГ, трубо-



ТЭЦ в Бельско-Бяла, Польша

Источник: graphia76 / Depositphotos.com

развита, Пиренейский полуостров слабо связан с ней, на Балканах тоже дефицит инфраструктуры.

«Но главная проблема с доступными объемами газа, а не с перетоками», – подчеркнул он.

Как назло, в США, которые обещали континенту дополнительные танкера с СПГ, произошла авария на заводе Freeport LNG, Норвегия тоже делает все, что может с учетом периодических поломок. Но и Азия начинает выходить из карантинных и перетягивать на себя объемы СПГ.

А с поставками газа из Великобритании (добываемый в регионе или экспортируемый из других стран в виде СПГ) случился казус: как пишет газета FT, европейские

проводные маршруты из Норвегии и Азербайджана работают на пределе или даже выше. Трубопроводы из Алжира и Ливии работают значительно ниже проектной мощности», – заметил А. Гривач.

Германия пыталась договориться о закупках газа в Катаре. Но стороны не сошлись в сроках – Катар готов заключать лишь долгосрочные поставки на 15–20 лет, в то время как ЕС, нацеленный на сокращение в энергобалансе ископаемого топлива, готов говорить лишь о 5-летних контрактах.

По мнению Н. Доброславского, Европа в будущем может попытаться найти газ на Ближнем Востоке и в Северной Африке, активизировать работу по «Южному газовому коридору» через Азербайджан,

Страны	ТВт·ч	%	млрд кубометров
Германия	245,3	22 %	27
Италия	197,7	18 %	22
Нидерланды	143,8	13 %	16
Франция	128,5	12 %	14
Австрия	95,5	9 %	10
Венгрия	67,2	6 %	7
Словакия	38,7	4 %	4
Чехия	36	3 %	4
Польша	35,8	3 %	4
Испания	34,2	3 %	4
Румыния	33	3 %	4
Латвия	21,8	2 %	2
Дания	9,1	1 %	1
Болгария	5,8	1 %	1
Хорватия	5,2	0 %	1
Португалия	3,6	0 %	0
ВСЕГО	1101,2	100 %	120

Таблица 3

Казахстан и Туркменистан, а также договориться о поставках СПГ из США, Австралии и Восточной Африки, но на это потребуется время.

«Заместить 150 млрд кубометров российского газа в короткие сроки невозможно, это вызвано как инфраструктурными ограничениями по транспортировке газа в Европу и внутри Европы, так и особенностями мирового рынка», – подчеркнул он.

Спаси и сохрани

В условиях дефицита поставок на первый план выходят «запасы на зиму» в подземных хранилищах газа (ПХГ). Большинство стран-членов ЕС имеют на своей территории газохранилища, общая мощность – 1100 ТВт·ч (около 120 млрд кубометров). Мощности по хранению в пяти странах (Германия, Италия, Франция, Нидерланды и Австрия) составляют две трети от общей емкости ЕС.

Еще в мае ЕС принял постановление, которое предусматривает, что подземные хранилища газа на территории государств-членов должны быть заполнены не менее чем на 80 % их вместимости до зимы 2022–2023 годов и до 90 % до следующих зимних периодов. В целом ЕС намерен попытаться коллективно заполнить 85 %

от общего объема подземных хранилищ газа в ЕС к 2022 году.

Некоторые государства-члены не имеют на своей территории газохранилищ, поэтому регламент предусматривает, что они должны хранить 15 % своего годового внутреннего потребления газа в хранилищах, расположенных в других государствах-членах.

По оценке О. Белоглазовой, европейские страны движутся к поставленной цели по заполнению хранилищ на 80 % к началу ноября. «Сегодня они заполнены на 70,5 % (даже чуть выше среднего показателя за пять лет). К 1 сентября ожидают уровень 75 %. В Германии цель по наполнен-

Даже в самый сложный осенне-зимний период с августа 2021 года по март 2022 года, когда цены били рекорды без учета влияния конфликта на Украине, среднее потребление в ЕС упало лишь на 5 %

Типичный счет за электроэнергию для домашних хозяйств в Великобритании может вырасти до 4420 фунтов стерлингов в апреле 2023 г., что более чем в три раза превышает уровень начала 2022 г.

ности 75 % на 1 сентября, 85 % на 1 октября и 95 % к 1 ноября. На 1 августа показатель был 67 %, но регулятор сети не уверен в их достижении. По его оценке, в конце июля уровень составит максимум 80–85 %, – говорит она.

Во Франции наполненность 77 %, в Италии – 71 %, Нидерландах – 64 %.

Однако заместитель генерального директора Института национальной энергетики Александр Фролов указывает, что ПХГ без нормальных поставок по трубе теряют свою надежность.

«Газ в ПХГ закачивают, чтобы покрыть сезонную и суточную неравномерность по-

требления или при форс-мажорах. Но их бессмысленно рассматривать как некую кубышку – система ПХГ не может надежно работать без добывающих предприятий. Невозможно жить на газе из ПХГ, если труба высыхает. Если начать усиленно отбирать газ из ПХГ, быстрее сокращаются суточные объемы отбора из-за падения давления. И уже к середине зимы, если не будет поставок российского газа, запасы кончатся или не будут отвечать суточным потребностям», – заметил он.

В Rystad Energy полагают, что при уровне потока в 30 млн кубометров в сутки Евросоюзу будет очень сложно достичь целевых показателей по хранению 80 % к 1 ноября. Поставки СПГ также, вероятно, столкнутся с некоторыми проблемами по мере приближения сезона ураганов в США.

Аналитики видят риск того, что Германия впервые в своей истории перейдет на третий этап аварийного газового плана. «Это будет означать, что поставок газа уже недостаточно для удовлетворения спроса, поэтому, возможно, потребуются принять нерыночные меры для обеспечения поставок критически важным потребителям. Мы можем увидеть нормирование поставок газа, причем сокращение произойдет в первую очередь в промышленности, а домохо-

Электростанция в Чехии

Источник: phb.cz / Depositphotos.com



У наиболее пострадавших от отказа от российского газа стран Центральной и Восточной Европы – Венгрии, Словакии и Чехии – есть риск нехватки до 40 % потребления газа и сокращения ВВП до 6 %

зайства и критически важные учреждения получат доступный газ», – полагают они.

По подсчетам WoodMac, если поставки по «Северному потоку» сокращаются до нуля к августу, то российские потоки по другим маршрутам продолжатся, к началу зимы Европа сможет заполнить свои хранилища только на 70–75 %. Континент может завершить отопительный сезон, имея в хранилищах около 10 млрд кубометров газа, что создаст более высокий риск сокращения спроса.

«Холодная погода, однако, представляет наибольшую опасность. Если зима в Европе и Азии будет необычно холодной, к концу

февраля ПХГ будут опустошены и Европе, возможно, придется сократить спрос минимум на 20 млрд кубометров – 7 % от общего спроса на газ или 30–35 % от промышленного спроса зимой», – считают аналитики.

«Единственным существенным преимуществом, которое могло бы ограничить сокращение спроса, было бы возобновление производства на месторождении Гронингене в Нидерландах. Тем не менее, это остается политически сложной задачей (добыча газа на этом месторождении вызывает землетрясения, поэтому добычу на нем постепенно закрывают – прим. ред.)», – полагают в WoodMac.

А. Гривач считает, что ПХГ в странах ЕС будут заполнены. «Сейчас самые большие проблемы у Болгарии, которая отказалась оплачивать газ по новой схеме и имеет самый низкий среди стран ЕС уровень загрузки единственного ПХГ», – сказал он.

Кстати, министр энергетики Болгарии Росен Христов заявил в начале августа, что кабмин рассматривает возможность возобновления поставок газа от «Газпрома». «В качестве приоритета мы рассматриваем альтернативных поставщиков, но, если окажется, что их недостаточно, я не стану тем министром, который оставит людей мерзнуть зимой», – заявил министр.

Вроцлавская ТЭЦ, Польша

Источник: mitelski / Depositphotos.com



Угольная электростанция Niederaußem-ml

Источник: commons.wikimedia.org

Назад к истокам

Многие эксперты и участники рынка предупреждали, что возобновляемые источники энергии (ВИЭ), на развитие которых сделал ставку Евросоюз, не решают проблемы энергообеспечения в стрессовых ситуациях.

Как отмечают в Rystad Energy, «несмотря на нынешний кризис газоснабжения в Европе, в июле газ стал крупнейшим источником энергоснабжения в Европе, что показывает, насколько мало у европейских стран альтернатив для энергообеспечения».

Согласно данным Eurostat, в 2020 году в ЕС на возобновляемые источники энергии приходилось 39 % выработки электроэнергии, и они впервые обогнали ископаемое топливо (36 %) в качестве основного источника питания. Кроме того, 25 % электроэнергии приходилось на атомные электростанции. Среди возобновляемых источников наибольшая доля электроэнергии приходится на ветряные турбины (14 %), гидроэлектростанции (13 %), биотопливо (6 %) и солнечную энергию (5 %).

На фоне «зеленой повестки» Евросоюз отказался от использования угля, а также закрывает атомные электростанции из-за аварии на «Фукусиме».

Однако сейчас проблемы с энергоснабжением в Европе призваны решать именно атомные и угольные электростанции.

«Например, в Германии с 14 июля 2022 г. разрешено снова вводить в эксплуатацию электростанции, работающие на угле и мазуте, из так называемого сетевого резерва. Постановление ФРГ разрешает реализацию электроэнергии на базе ископаемого топлива резервных электростанций до конца апреля 2023 г. В начале августа стартовал перезапуск угольной ТЭС «Мерум» в Нижней Саксонии. Но активное наращивание проблематично из-за нехватки дорогого угля в Европе, а также мелководья Рейна, ослож-

Крупнейшими поставщиками СПГ в Европу стали США – 31 млрд м³, Катар – 23 млрд м³ и Россия – 17 млрд м³, еще 15 млрд м³ импортировано из Алжира и 13 млрд м³ – из Нигерии

няющего доставку угля в центральные и южные районы Германии», – говорит О. Белоглазова.

Как сообщила Ассоциация немецкого внутреннего судоходства (BDB), судоходство относится к одной из системообразующих величин в транспортно-логистическом секторе Германии, поэтому обмеление Рейна, Дуная и Эльбы является ограничивающим фактором, оказывающим огромное влияние на отрасль и потребителей.

ловной болью для стран от Германии и Нидерландов до Великобритании, которые на протяжении многих лет импортировали значительное количество электроэнергии из Норвегии.

По словам А. Фролова, уже были расконсервированы дополнительные 13,5 ГВт угольных электростанций, но «хотя и были накоплены запасы, и есть договоренности с альтернативными поставщиками, Россия поставляла в Европу слишком большой объем энергетических



Угольная электростанция Mehrgum

Источник: commons.wikimedia.org

Один из крупнейших производителей электроэнергии EnBW AG, в свою очередь, предупредил о дополнительной нагрузке для энергетического сектора страны из-за обмеления рек, отметив, что цены на транспортировку угля растут. Это, в свою очередь, увеличивает затраты на эксплуатацию угольных электростанций.

Норвегия, покрывающая более 90 % своих потребностей в электроэнергии за счет собственной гидроэнергетики, тоже столкнулась с проблемами – многие водохранилища на юге Норвегии остались с исторически низким уровнем воды. Правительство пообещало ограничить экспорт электроэнергии до тех пор, пока они не будут наполнены. Это может стать го-

ублей, порядка 45 млн тонн в прошлом году, чтобы можно было однозначно сказать о том, что кризис с этой стороны невозможен».

При этом потребление угля растет не только в Европе, но и в других частях света – в Китае и Индии, несмотря на планы по отказу от «грязного» энергоносителя. По оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), в 2022 году потребление угля в Евросоюзе вырастет на 0,7 % по сравнению с прошлогодним скачком в 14 %, и достигнет 8 млрд тонн, что сопоставимо с историческим максимумом 2013 года.

Естественно, такое развитие событий огорчает экологов.

«Цены на уголь уже находятся на невменяемом уровне – порядка \$400 за тонну и можно ожидать, что вырастут еще», – считает А. Фролов.

Другим вариантом является атомная генерация, но во Франции, компания которой EDF, является крупнейшим в мире оператором атомных станций, более половины энергоблоков остановлено на время технического обслуживания. Обычно Франция экспортирует электроэнергию, но в этом году она стала чистым импортером, что вынуждает соседние страны сжигать больше газа.

В Германии в настоящее время остается три функционирующих АЭС, по плану их отключат от сети 31 декабря 2022 года, но обсуждается возможность продления их эксплуатации.

Возможность перехода электростанций на нефтепродукты также ограничена: цены на нефть торгуются в районе \$100 за баррель, а дизельное топливо имеет рекордную премию к нефти, в то время как мировые цены на газ/СПГ и уголь торгуются на исторических максимумах, которые в четыре раза превышают их средние показатели за предыдущие 10 лет.

«Кризис, с которым столкнулись Норвегия и Европа, выявляет самую большую

проблему для возобновляемых источников энергии в контексте кризиса энергетической безопасности – модернизацию линий электропередач и сетей, чтобы электроэнергию можно было перемещать так же легко, как газ по трубопроводам», – заметили аналитики Rystad Energy.

Лидеры стран ЕС попросили Еврокомиссию представить предложения по устранению завышенных цен на электроэнергию при сохранении единого рынка и стимулов для перехода к «зеленой» экономике. Они призвали ЕК наилучшим образом использовать инструментарий цен на энергоносители и недавно принятую временную программу государственной помощи в кризисных ситуациях для оказания помощи гражданам и предприятиям.

К маю 2023 года Еврокомиссия проанализирует ситуацию на предмет возможности продления «чрезвычайной меры» по сокращению потребления газа.

Цена газа в Европе в конце августа превысила \$3500 за тыс. кубометров. На этом фоне экс-канцлер Германии Герхард Шредер прощупывает почву на предмет начала эксплуатации газопровода «Северный поток 2». Других полноценных проработанных запасных вариантов Еврокомиссия пока не представила.

Обмелевший Рейн

Источник: shropshirestar.com



«Голубой» водород как долгосрочная экспортная стратегия РФ

Blue hydrogen as a long-term export strategy of the Russian Federation

Елена ТЕЛЕГИНА

Член-корреспондент РАН,

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

Elena TELEGINA

Associate member of RAS,

D. Sc. Economics, Gubkin University
e-mail: meb@gubkin.ru

Сергей СЕРГЕЕВ

Независимый эксперт, к. э. н.
e-mail: meb@gubkin.ru

Sergey SERGEEV

C. Sc. Economics, Independent expert
e-mail: meb@gubkin.ru

Ямал

Источник: Kuzhilev / Depositphotos.com



Аннотация. Газовая отрасль РФ в современных условиях сталкивается с многочисленными вызовами. Среди них необходимость ее переориентации на новые продукты и рынки сбыта. Авторы статьи считают, что вызовы, стоящие перед отраслью, могут обернуться новыми возможностями, если ее внешнеэкономическая деятельность будет максимально интегрирована с задачами «зеленой повестки». Этот выбор авторы статьи связывают с производством и экспортом из РФ «голубого» водорода и его низкоэмиссионных производных, прежде всего аммиака. Переориентация газовой отрасли на развитие газоперерабатывающего комплекса в условиях низких издержек на производство «голубого» водорода в наибольшей степени отвечает задаче сохранения и преумножения экспортного потенциала РФ.

Ключевые слова: «зеленый» водород, «бирюзовый» водород, «голубой» водород, электролиз, пиролиз, паровой риформинг, аммиак, СПГ, метан, синтетический метан, выбросы парниковых газов, улавливание и захоронение парниковых газов, метано-водородные смеси.

Abstract. The gas industry of the Russian Federation in modern conditions faces numerous challenges. Among them is the need for its reorientation to new products and markets. The authors of the article believe that the challenges facing the industry can turn into new opportunities if its foreign economic activity is maximally integrated with the tasks of the green agenda. The authors of the article associate this choice with the production and export from the Russian Federation of blue hydrogen and its low-emission derivatives, primarily ammonia. The reorientation of the gas industry towards the development of a gas processing complex in the conditions of low costs for the production of blue hydrogen is most consistent with the task of preserving and increasing the export potential of the Russian Federation.

Keywords: blue hydrogen, turquoise hydrogen, green hydrogen, electrolysis, pyrolysis, steam reforming, LNG, methane, synthetic methane, emissions of greenhouse gases, carbon capture and storage, blending of methane with hydrogen.



Экспорт трубопроводного газа из РФ в ЕС сократится к 2025 г. по базовому сценарию МЭА на 55 %, а по ускоренному сценарию – на 75 %

Необходимость переориентации экспорта на новые продукты и рынки сбыта стоит перед российской газовой индустрией уже много лет. Первым сигналом для такой переориентации стала искусственно созданная проблема зависимости Европы от российского газа. Эта зависимость

в 2010 г. была безосновательно возведена в ранг самой «серьезной» угрозы энергобезопасности ЕС. Затем последовало принятие «зеленого курса» (2020 г.), который объявил, что у природного газа в Евросоюзе нет будущего. Хотя строительство газопровода «Северный поток 2» было успешно завершено, несмотря на санкционное давление, его сертификация была отложена на неопределенный срок по чисто политическим мотивам. И, наконец, решение об отказе от природного газа из РФ, принятое ЕК в марте 2022 года с горизонтом ударного исполнения в течение ближайших трех лет. Это решение ставит логическую точку в дискриминационной политике ЕС по отношению к российскому трубопроводному газу.

Отказ от российского трубопроводного газа идет вразрез с соображениями экономической целесообразности и закономерно вызывает сомнения относительно его реализуемости в задуманные ЕС сроки. Так, Международное энергетическое агентство (МЭА) в своем ежеквартальном обзоре фактически признает, что изба-



ТЭС «Ямал СПГ»

Источник: metall.pro

виться от российского газа за три года невозможно. Согласно базовому сценарию МЭА, экспорт трубопроводного газа из РФ в ЕС сократится к 2025 г. на 55 % относительно уровня 155 млрд кубометров в 2021 г., а по ускоренному сценарию – на 75 %. Оправдает ли себя прогноз МЭА и в какой степени – в данном случае не важно. Важно то, что переориентация выпадающих европейских поставок сетевого газа на новые рынки является настоятельным императивом.

В сложившейся ситуации какая-то часть трубопроводного газа может быть перенаправлена на внутренний рынок России, однако растущие потребности страны пока

Критичным для развития российского производства сжиженного природного газа являются технологические санкции, связанные с запретом на поставку оборудования для крупнотоннажного СПГ

недостаточны для того, чтобы поглотить высвобождающиеся европейские объемы, да и цены на нем субсидируются за счет экспорта, соответственно, свертывание внешнеэкономической деятельности приведет к снижению субсидий. В этой связи звучат предложения по переходу на рыночное ценообразование по природному газу [1], однако этот переход будет иметь и очевидные негативные последствия в виде общего снижения конкурентоспособности российской экономики.

Перенаправление потоков газа из Западной Сибири в Азиатско-Тихоокеанский регион вместо Европы рассматривается как само собой напрашивающееся решение. Но для этого требуется, чтобы партнер по проекту подписал долгосрочный контракт по купле-продаже природного газа. Напомним, что еще в 2014 г. были согласованы все неценовые условия контракта «Газпрома» и CNPC по поставкам по алтайскому экспортному маршруту. Китайская сторона по упомянутому и другим долгосрочным контрактам пока выдерживает паузу.

Гибкий СПГ позволяет перенаправить потоки природного газа. Сторонником такой переориентации экспорта является глава «НОВАТЭКа» Леонид Михельсон. В июне 2022 г. в контексте вопроса о судьбе гигантского Тамбейского месторожде-

ния на Ямале он заявил, что нужно в кратчайшие сроки определяться, куда Россия будет продавать газ на фоне отказа от него Европы. «Надо думать, куда Россия будет продавать газ. Надо делать СПГ. Сегодня мы крупнейшие экспортеры газа в мире. Сколько потеряем трубопроводного газа, столько надо производить СПГ. И решения надо принимать бегом», – сказал он» [2].

Критичным для развития российской СПГ-отрасли являются технологические санкции со стороны недружественных стран, связанных с запретом на поставку в Россию оборудования для крупнотоннажного СПГ. По оценке МЭА, РФ понадобится не менее 10 лет, чтобы увеличить поставки в Азию до уровня, близкого к поставкам в ЕС в 2021 г. из-за того, что доступ России к рынкам капитала и энергетическим технологиям ограничен. Речь идет прежде всего о компрессорах, турбинах, теплообменниках, гравитационных основаниях для платформ. В этой связи отраслевые эксперты считают неизбежным корректировку утвержденных ранее правительством показателей экспорта СПГ в сторону снижения [1].

Не следует также забывать, что природный газ, в том числе в сжиженном виде, в странах, которые не отказываются от российских энергоносителей, рассматривается как временное и переходное решение. Это выдвигает дополнительные требования к модели экспортной пере-

Сабетта

Источник: KadnikovValerii / Depositphotos.com



Недооценка «голубого» водорода как ключевого направления экспорта для российской газовой отрасли занижает ее потенциал, лишает инициатив и сводит работу только к реакции на внешние вызовы

ориентации газовой индустрии, которая должна гарантировать долгосрочную востребованность ее продукции после 2050 г. в соответствии с требованиями «зеленой повестки». Указанным требованиям в максимальной степени отвечает переориентация экспорта природного газа на его низкоэмиссионные производные, а именно «голубой» водород и аммиак. Эту опцию в настоящее время «НОВАТЭК» реализует в рамках проекта Обского ГКХ, который находится на стадии pre-feed, но запланирован к запуску уже в 2024 г.

Оценивается ли экспорт голубого водорода/аммиака (в том числе упомянутый проект «НОВАТЭКа») как «прорывное» направление внешнеэкономической деятельности, открывающее для России новые горизонты? Ответ, скорее, отрицательный. В отношении «водородного» направления в целом преобладают скептические настроения. Так, Минэнерго в проекте обновленной комплексной программы развития водородной энергетики ухудшило свой прогноз по экспорту водорода из РФ в 2030 году с 2,2 млн тонн до 1,4 млн тонн. Прогноз был понижен в связи с тем, что фокус развития мировой энергетики в краткосрочной перспективе сместился в сторону антикризисной тематики, а также по геополитическим причинам из-за предполагаемой невозможности экспорта водорода на такие целевые рынки как Германия, Япония и Южная Корея (3).

В списке рекомендаций «круглого стола» в Госдуме 4 июля 2022 г., который обсуждал вопросы корректировки Энергетической стратегии России до 2050 г., «развитие водородной энергетики на основе природного газа» занимает далеко не приоритетное место, удостоившись упоминания однажды в пункте 26 [1].

Статус «переходного» или даже «экологически устойчивого вида» топлива, признанный за природным газом, в частности, европейцами, не решает проблему безшоковой смены энергетической парадигмы

На наш взгляд подобная недооценка «голубого» водорода как ключевого направления экспорта для российской газовой отрасли неприемлемо занижает ее потенциал, лишает инициатив, сводит функционирование только к малопродуктивной «аварийной» реакции на внешние вызовы.

Со вступлением мировой экономики в эпоху высоких цен на ископаемое топливо страны-экспортеры неожиданно приобрели огромные стратегические преимущества перед странами-импортерами. Тем самым, «голубой» водород и его производные предоставили РФ уникальный шанс в полной мере реализовать это преи-

мущество в долгосрочной перспективе. Бенефициаром такой ситуации Россия может стать потому, что ресурсная база и низкая себестоимость природного газа позволяет ей стать мировым лидером в производстве низкоэмиссионного водорода.

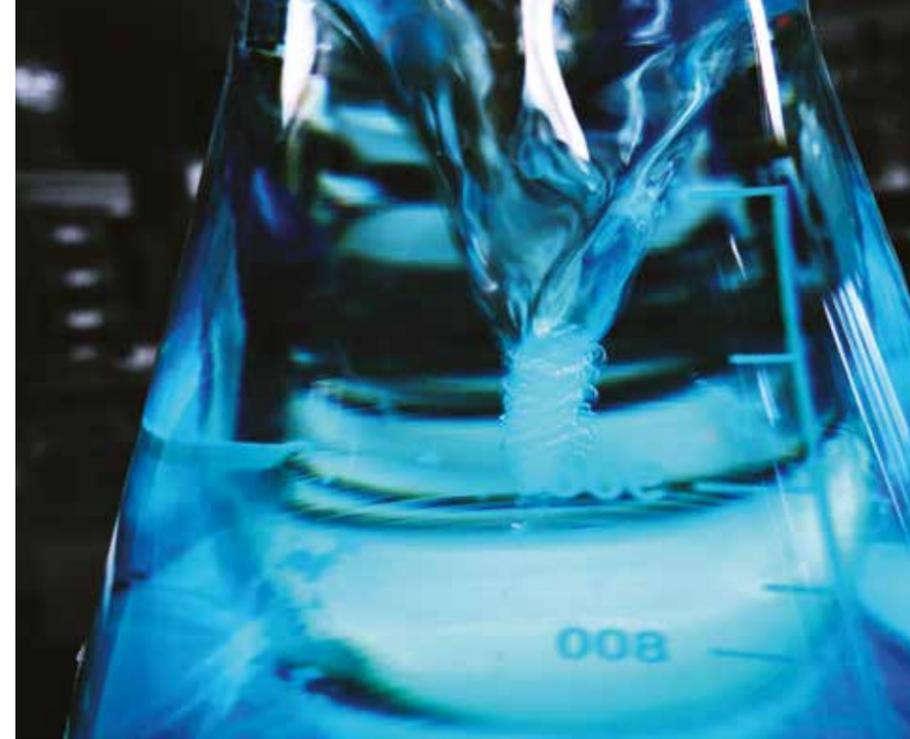
Преимуществом «голубого» водорода перед СПГ является то, что он отвечает задачам глобального перехода к энергоресурсам с низким уровнем выбросов парниковых газов. Но ценность его не только в этом.

Он способен изменить роль России в этом процессе. Превратить ее из кризисного менеджера, который ставит перед собой задачу компенсировать неизбежные потери, связанные с декарбонизацией, в лидера процесса. Иными словами, история предоставляет шанс РФ возглавить и существенно ускорить по сути навязанный ей «зеленый поворот», предложив новые решения для ситуаций, которые в настоящий момент выглядят тупиковыми.

Дело в том, что глобальный переход к «зеленой» энергетике в настоящее время замедлился. Произошло это не только из-за причин преходящего конъюнктурного характера, но и из-за того, что некоторые исходные представления о водородной энергетике за рубежом в процессе их конкретизации продемонстрировали свою

Завод по производству водорода, Исландия

Источник: energycentral.com



Молибденовый катализатор для производства водорода
Источник: Getty images / naked-science.ru

несостоятельность. Переоценка этих представлений привела к ситуациям, которые иначе как тупиковыми не назовешь. Тупиков в становлении мировой водородной энергетики как минимум три.

Какие решения в условиях новой реальности дает «голубой» водород?

Тупик № 1. Водородная энергетика требует не только колоссальных инвестиций, но и сопряжена с высокой стоимостью энергии, что в первую очередь относится к «зеленому» водороду, производимому из возобновляемых источников энергии. На выручку в такой ситуации может прийти более дешевый водород, производимый из природного газа в странах, обладающих его стратегическими ресурсами.

Тупик № 2. Технологии транспортировки и хранения больших объемов водорода пребывают на низком уровне готовности. Так, отсутствует флот танкеров для транспортировки сжиженного водорода и судоверфи, способные их производить. Проблемы перемещения H_2 по существующим газотранспортным системам высокого давления далеки от решения: кроме ограничений по концентрации водорода в смеси с метаном (до 10%), его подмешивание приводит к охрупчиванию металла

магистральных газопроводов. Перепрофилирование газопроводов под водород – не менее затратный процесс: необходима полная замена труб, компрессоров, запорного оборудования и т. д.

Выходом из этого тупика может стать не прямая транспортировка больших объемов самого водорода, а более удобных для этого производных с последующим их крекингом. Аммиак, произведенный из «голубого» водорода, – наиболее подходящий инструмент для формирования мирового рынка водорода, который, кроме того, может использоваться как штатный энергоноситель.

Тупик № 3. На протяжении всего переходного периода не прослеживается даже теоретическая возможность для гармоничного замещения ископаемых видов топлива возобновляемыми. Системно воспроизводит себя ситуация, при которой предложение ископаемых топлив сокращается быстрее, чем возобновляемые источники способны его заместить. Утверждения о том, что ископаемые топлива не имеют будущего, а также прямое давление на энергетические компании подорвали длинный инвестиционный цикл в нефтегазовой промышленности. Результат этого – дефицит природного газа и высокие цены на него как минимум на перспективу ближайшего десятилетия.

Не вызывает сомнения, что ископаемые виды топлива останутся востребованными на многие годы вперед. Статус «переходного» или даже «экологически устойчивого вида» топлива, признанный за природным газом, в частности, европейцами, не решает проблему безшоковой смены энергетической парадигмы и будет сопровождаться откатами от уже достигнутых показателей снижения выбросов подоб-

При текущей цене природного газа в странах-импортерах около двух тысяч долларов за тыс. м³ водород, производимый методом парового риформинга, сравнялся с издержками «зеленого» водорода

ных тем, что мы наблюдаем в настоящий момент. Восстановление и нормализация инвестиционного цикла в природном газе возможны только в случае получения им полноценного статуса «топлива будущего». Условием получения такого статуса является его масштабная декарбонизация путем преимущественной трансформации в «голубой» водород, который по уровню выбросов не уступал бы «зеленому» водороду.

Выход из тупика № 1

Основным препятствием для быстрого становления водородной энергетики в мире являются исключительно высокие



Фабрика «зеленого» водорода
Источник: «Газпром»

издержки производства «зеленого» водорода. Согласно существующему за рубежом консенсусу, приемлемая для рынка стоимость водорода должна находиться в диапазоне менее \$2 за кг. «Зеленый» водород и до энергетического кризиса не вписывался в эти параметры. После кризиса из-за роста цены электроэнергии, основного компонента издержек, этот отрыв вырос еще больше.

Как своего рода заклинание практически в любой европейской публикации о «зеленом» водороде можно встретить утверждение, что его стоимость к 2030 г. опустится ниже \$2 за кг. Однако гарантировать, что это произойдет – не может никто. Банки при предоставлении долгосрочного

финансирования не могут принимать эти заявления на веру. По свидетельству европейских источников, покупатели «зеленого» водорода в настоящее время не готовы заключать 20-летние контракты на его поставку при нынешней цене 100 евро/МВт·ч, и это тормозит выход проектов на стадию FID (4).

WoodMac в своем последнем исследовании считает, что снижение цены «зеленого» водорода до уровня менее \$2 за кг произойдет только к 2040 г. Еще более пессимистический прогноз в мае 2022 года представила Aurora Energy Research. По расчетам консалтинговой компании, средняя цена «зеленого» водорода в Германии в настоящее время составляет \$9,16 за кг. Стоимость водорода, получаемого на основе энергии ветра, опустится до \$4,9 за кг в 2030 г., а в 2050 г. будет равняться \$3,2 за кг. «Зеленый» водород, получаемый на базе энергии солнца, подешевеет к 2030 г. до \$4,7 за кг, а к 2050 г. до \$2,6 за кг. Иными словами, уровень двух долларов достичь не удастся и через три десятилетия.

«Голубой» водород, напротив, и до кризиса вписывался в двухдолларовый стандарт. Правда при современной цене природного газа в странах-импортерах, около двух тысяч долларов за тыс. кубометров водород, производимый методом парового риформинга, утратил это преимущество и сравнялся с издержками «зеленого» водорода. Учитывая, что мировая экономика из-за недофинансирования нефтегазовой отрасли вступает в эпоху дорогого газа, производство водорода методами парового риформинга с последующим улавливанием выбросов CO₂ становится экономически неоправданным в этих странах. Но это дает неоспоримые преимущества странам-экспортерам, которые обладают запасами природного газа и низкой себестоимостью его добычи.

Что касается газодобывающих стран, где издержки по добыче метана невысоки, стоимость «голубого» водорода по-прежнему отвечает коммерческим параметрам. Так, эксперты Platts Analytics утверждают, что при цене сырьевого газа менее \$2 за МБТЕ (\$70 за 1 тыс. кубометров) себестоимость «голубого» водорода опускается ниже \$1 за кг H₂ на выходе завода [5].

Хотя реальная стоимость производства «голубого» водорода в РФ неизвестна, многие исследователи убеждены, что в России

«Голубой» водород от производителей природного газа уже сейчас способен служить стартером глобального водородного рынка задолго до появления на нем значимых объемов «зеленого» водорода

и Норвегии она может составить менее \$1 за кг [6]. Если верить такой оценке, это означает, что «голубой» водород от производителей природного газа уже сейчас способен служить стартером глобального водородного рынка задолго до момента появления на нем значимых объемов «зеленого» водорода. И это при том, что вопрос «сможет ли «зеленый» водород когда-либо сравняться с «голубым»?» в международной торговле, остается открытым.

В условиях форсированного отказа от потребления российского природного газа, с сожалением можно констатировать, что ставка на его монетизацию на европейском рынке посредством технологий пиролизной группы оказалась невозможной. Природный газ при этом поступал бы в Европу в обычном порядке, и уже на месте в водородных долинах превращался

Транспортировка водорода



Источник: Scharfsinn / Depositphotos.com

в так называемый «бирюзовый» водород. Обнуление возможностей, связанных с «бирюзовым» водородом в местах его потребления из-за высокой стоимости сырья оставляет странам-экспортерам единственную альтернативу в виде ставки на «голубой» водород.

Такого приоритета, впрочем, нет в необновленной Концепции развития водородной энергетики РФ (концепция), хотя она и относит «получение водорода с низким углеродным следом на базе технологий паровой конверсии метана с обеспечением улавливания углекислого газа», к одному из двух наиболее экономически эффективных способов его производства наряду «с методом электролиза воды на базе электроэнергии атомной электростанции и гидроэлектростанции» [7].

Однако, перечисляя в пункте 23 конкурентные преимущества для производства и экспорта водорода по сравнению с другими странами, концепция ставит на первое место «наличие электроэнергии с низкими удельными выбросами углекислого газа» (то есть «желтый» водород) и «значительного солнечного и ветропотенциала (то есть «зеленый» водород). И только потом через запятую концепция отмечает наличие «значительных природных ресурсов, необходимых для производства сравнительно дешевого низкоуглеродного водорода» (то есть «голубого» водорода) и «значительный опыт применения в промышленности технологий паровой конверсии метана» [7].



Железнодорожная перевозка аммиака

Источник: toaz.ru

Выход из тупика № 2

Водород является химической субстанцией, непригодной для его транспортировки в виде смесей с метаном (МВС) по существующим магистральным газопроводам. Характерно, что на эту проблему начали обращать внимание не только российские, но и европейские исследователи и эта точка зрения имеет все основания стать доминирующей, хотя ее носителями, к сожалению, выступают бескомпромиссные противники природного газа.

Невозможность подмешивания водорода к метану в действующих газопроводах подрывает экономику проектов на начальной стадии становления водородной энергетики, то есть до того момента, когда объемы его производства вырастут до размеров, достаточных для того, чтобы оправдать строительство специализированных водородопроводов. Невозможность такого подмешивания ставит под сомнение и экономику малотоннажных проектов производства водорода с длинными логистическими цепочками.

Наряду с трубопроводным транспортом оптимальным способом перевозки водорода является его трансформация в аммиак. Технология и инфраструктура производства и транспортировки аммиака досконально отработаны в России и за рубежом, хотя в РФ нет специализированных терминалов для его перевалки. Для транспортировки аммиака до экспортных портов могут использоваться аммиакопро-

воды. Наиболее мощный аммиакопровод (до 2,5 млн тонн в год) «Тольятти – Одесса» был построен в 70-е годы¹.

NH₃ следует рассматривать не только как инструмент для перемещения водорода, но и непосредственно как энергоноситель с перспективой его штатного использования на тепловых электростанциях. Возможна также разработка специализированных судов с аммиачными двигателями.

Сравнительно недавно европейцы обсуждали возможности импорта водорода в сжиженном и компримированном виде, однако, судя по планам ведущих немецких энергетических компаний, приоритет отдан в пользу импорта аммиака. Так, и RWE (в Wilhelmshaven) и Uniper (в Brunsbüttel) планируют строительство терминалов для приемки именно низкоуглеродного аммиака. На терминалах этих компаний по прие-

¹ После 2014 г. не функционирует.

Технология и инфраструктура производства и транспортировки аммиака досконально отработаны в России и за рубежом, хотя в РФ нет специализированных терминалов для его перевалки

му аммиака будет производиться выделение водорода из аммиака с дальнейшей его транспортировкой по водородопроводам. Через терминалы RWE и Uniper потребителям в ФРГ в 2030 г. будет поступать около 0,6 млн тонн водорода, что суммарно составит около 20 % от потребностей немецких потребителей.

Логистическая связка «водород-аммиак» существенно снижает экспортную привлекательность проектов «зеленого» водорода в РФ, так как они в большинстве своем невелики по размерам. Так, согласно атласу российских проектов по производству низкоуглеродного и безуглеродного водорода и аммиака Минпромторга РФ, всего насчитывается 33 таких пилотных водородных проекта, из которых 27 проектов относятся к категории «зеленых». Однако за исключением одного проекта (Пенжинская приливная электростанция на Камчатке с предполагаемым объемом производства водорода 5 млн тонн в год), они являются малотоннажными со средним объемом производства около 100 тыс. тонн в год. Ориентированные на недозагруженные генерирующие мощности гидроэлектростанций, они расположены вдалеке от портов, что плохо сочетается с экспортной ориентацией этих проектов из-за длинных логистических цепочек.

На общем фоне выделяются 4 проекта «голубого» водорода. Среди них упомянутый проект Обского ГКХ с прогнозным объемом производства 2,2 млн тонн аммиака в год и долгосрочными планами увеличения до 5 млн тонн. Особенными преимуществами обладают проекты «голубого» водорода/аммиака в Арктике и на Дальнем Востоке, благодаря коротким транспортным цепочкам: добыча природного газа – паровой риформинг в зоне порта – улавливание выбросов CO₂ с обратной закачкой в пласт в местах добычи – извлечение водорода – производство аммиака – его транспортировка судами на экспорт. Кроме того, в арктическом кластере сосредоточены богатые еще не разработанные газовые месторождения на суше, а на дальневосточном – ведется активное освоение морских запасов газа.

Аммиак преимущественно используется как сырье для производства азотсодержащих удобрений. В настоящий момент из-за высокой стоимости газа выпуск азотных удобрений в мире сокращается, и они становятся дефицитным товаром. Так,

на предприятиях крупнейшего немецкого химического концерна BASF из-за высоких цен производство аммиака начало сокращаться еще с октября прошлого года.

Объемы природного газа, подпадающие под санкции и ограничения Запада, могут быть перенаправлены на производство «голубого» водорода с последующей его трансформацией в низкоэмиссионный аммиак. Такая трансформация гарантирует устойчивый рынок сбыта этому продукту газохимии даже в том случае, если собственно «голубой» водород из России длительное время будет находиться под санкционным давлением. Аммиак – товар мобильный, не привязанный к трубопро-



Завод по производству аммиака «Акрон»

Источник: acron.ru

водам, экспортировать который по морю можно в любой порт, где имеется соответствующая инфраструктура. Превращение России в ведущего экспортера низкоэмиссионного аммиака снизит турбулентность на мировом рынке удобрений, станет неопределимым вкладом в решение глобальной продовольственной проблемы.

Простой расчет показывает, что в случае прекращения ЕС импорта российского газа в объеме 150 млрд кубометров, на его основе может быть произведено методом парового риформинга до 40 млн тонн «голубого» водорода. Реализация проектов «голубого» водорода задает правильный вектор постсанкционному развитию газовой индустрии России, что позволит не вычеркнуть годы

изоляции как потерянные с точки зрения вопросов климатической повестки.

Выход из тупика № 3

Потенциал природного газа в продвижении глобальной климатической повестки связан с его способностью вывести водородную энергетику из тупиковых ситуаций. Придание природному газу статуса «топлива будущего» отвечает не только интересам глобальной повестки, но и коренным интересам РФ, которая располагает его богатейшими ресурсами.

Признание за природным газом статуса «топлива будущего» не придет само собой и потребует немало усилий со стороны экспортеров природного газа. Решение указанной задачи возможно по двум направлениям.

Одно из них – предложение на мировом рынке углеродно-нейтрального природного газа. Второе – доведение экологических характеристик «голубого» водорода до уровня «зеленого». Практические результаты, продемонстрированные по каждому из этих направлений в отдельности и их комбинации позволят избежать недооценки роли природного газа и придадут ему статус «топлива будущего».

Важность первого из упомянутых направлений декарбонизации природного газа связана с тем, что достижение углеродной нейтральности, намеченное на середину века, хотя и приведет к сокращению его потребления, но не будет означать полного отказа от него. Свое место в мировом энергобалансе в 2050 г. он займет в форме декарбонизированного метана. При сжигании такого метана эмиссия углекислого газа будет происходить, но она будет нейтрализована поглощени-

Объемы природного газа, подпадающие под санкции Запада, могут быть перенаправлены на производство «голубого» водорода с последующей его трансформацией в низкоэмиссионный аммиак



Производство водорода
Источник: *membrane-separation.com*

ем из атмосферы эквивалентного объема выбросов, которые поставщик и потребитель удостоверяют «зелеными» сертификатами.

«Зеленое» сертифицирование как способ сохранения природного газа в энергобалансе уже начинают продвигать поставщики СПГ, предлагая рынку премиальный продукт, углеродно-нейтральный сжиженный газ. Несколько десятков партий такого СПГ уже доставлены потребителям, в том числе 4 из РФ.

Не менее важно, чтобы действия в указанных направлениях сопровождалась информационно-аналитической поддержкой, а концепция циклической экономики, основанной на углеродно-нейтральном природном газе, стала идеологией мировой газовой промышленности. Учитывая, что участие РФ в рабочих органах Международного газового союза в настоящее время приостановлено, наиболее подходящей площадкой для продвижения такой идеологии должен стать Форум экспортеров природного газа (ФСЭГ). Именно в рамках этой организации РФ сможет найти союзников, заинтересованных в том, чтобы природный газ занял достойное место в «зеленой повестке».

Что касается водорода, получаемого из природного газа, то он подвергается в настоящее время беспрецедентному давлению в ходе пропагандистской компании, развязанной в западных СМИ. В ходе этой

компании утверждается, что углеродный след «голубого» водорода слишком велик и не поддается снижению. И это в ситуации, когда снижение выбросов «голубого» водорода до уровня «зеленого» не только возможно, но и требует относительно меньших затрат.

Со сравнительно невысокими затратами связана утилизация потоков CO₂ в результате конверсии метана, на долю которых приходится две трети эмиссий. Сложности создают дымовые газы, образующиеся в технологическом процессе. Кроме того, не поддаются улавливанию так называемые «фугитивные эмиссии» парниковых газов, которые возникают на стадии добычи и транспортировки метана. Проблема с дымовыми газами может быть решена с помощью технологии Auto Thermal Reforming (ATR), которая позволяет секвестрировать до 95 % выбросов CO₂, образующихся в процессе производства «голубого» водорода. Что же касается фугитивных эмиссий, то есть эмиссий метана в процессе добычи и транспортировки природного газа, то здесь на помощь может прийти, наряду с собственно технологиями по снижению таких выбросов, их нейтрализация за счет приобретения «зеленых» сертификатов.

Отсутствие идеологии, которая бы позиционировала природный газ в качестве «топлива будущего» посредством его декарбонизации в различных формах – источ-

Производство водорода на Омском НПЗ
Источник: «Газпром нефть»



Синтетический метан можно отправлять по имеющимся газопроводам, сжигать на существующих электростанциях и обеспечивать им нужды домохозяйств без замены там теплового оборудования

ник системной слабости мировой газовой промышленности, от которой необходимо избавиться в интересах ее выживания в условиях новой реальности. Было бы наивно полагать, что робкие голоса сторонников «голубого» водорода за рубежом в условиях тотального контроля «зеленых» алармистов над СМИ будут когда-либо услышаны. Неразумно также делать вид, что происходящая за рубежом дискуссия не касается РФ, и не затрагивает ее глубинных интересов.

Синергия между водородом и метаном

«Голубой» водород будет содействовать продвижению всех его видов путем выстраивания производственных и сбытовых цепочек на этапе становления водородной экономики. Таким образом будет решена проблема «курицы и яйца»: поставщики не могут запустить производство потому, что нет покупателей, а покупатели не могут купить водород потому, что он слишком дорог.

Синергия между водородом и метаном этим не исчерпывается. Перед европейцами стоит задача обеспечения доступа всех потребителей к «зеленому» электролизному водороду. Для этого на переходном этапе предполагается использовать существующие магистральные газопроводы, подмешивая водород к метану. Тупиковый характер такого решения скоро станет очевиден.

Параллельно этому в ЕС развивается отрасль по улавливанию и захоронению выбросов парниковых газов. Но в Европе, за исключением Нидерландов, Великобритании и Норвегии, количество скважин пригодных для захоронения CO₂, взятого из атмосферного воздуха, невелико. Это

чрезмерно удорожает весь процесс из-за длинных логистических цепочек: на полном серьезе обсуждается масштабный вывоз CO₂ танкерами из континентальной Европы в Норвегию для захоронения там в отработанных месторождениях.

Если оснастить электролизеры дополнительной установкой, то на них можно производить синтетический метан. Синтетический газ представлял бы собой продукт соединения электролизного водорода и углекислого газа, взятого ранее из воздуха с целью его дальнейшего захоронения. Если вместо захоронения использовать его в процессе синтеза метана, то это позволило бы европейцам избавиться от проблем, связанных как с МВС, так и с утилизацией уловленного углекислого газа.

При сжигании синтетический метан выделяет CO₂, как и обычный метан. Но, как и «зеленый» водород, он является нетто-углеродно-нейтральным, поскольку при сжигании будет отдавать тот углекислый газ, который был уже однажды взят из воздуха.

Преимущество синтетического газа заключается в экономии расходов на строительство и переоборудовании газопроводов под водород. Так, по «скромной» оценке транспортных операторов ЕС, только на создание опорных специализированных водородопроводов к 2040 году потребуется от 80 до 143 млрд евро, не считая повышенных операционных расходов

[8]. Из общей протяженности в 53 тыс. км водородной транспортной системы 40 % будет построено заново, остальные 60 % переоборудовано. Поддержание в рабочем состоянии существующей системы газопроводов обойдется в существенно меньшую сумму.

Следует также учитывать, что водород обладает высокой диффундирующей способностью, поэтому вероятность утечек при его транспортировке велика, что требует повышенного уровня промышленной безопасности. Обнаружилась и еще одна особенность водорода: в случае неконтролируемых утечек он сам превращается в парниковый газ, который к тому же замедляет процессы поглощения в атмосфере других парниковых газов. Иными словами, имеется достаточно оснований для минимизации транспортного плеча самого водорода.

Синтетический метан можно отправлять по имеющимся газопроводам, сжигать на существующих электростанциях и обеспечивать им нужды домохозяйств без замены там теплового оборудования. Кроме того, метан более безопасен в бытовых условиях, чем водород, поскольку из-за более высокой температуры сгорания создается угроза критической концентрации оксида азота в закрытых помещениях [9].

Решает синтетический метан и проблему поддержания в рабочем состоянии



Хранение водорода
Источник: nikkisoceig.com

европейской газотранспортной инфраструктуры, финансирование которой ЕС собирается урезать из-за перекрестного субсидирования между пользователями сетей природного газа и водорода при установлении тарифов. Перекалывание расходов на развитие водородопроводов и на газопроводы привело бы к разрушительным для них последствиям. Углеродно-нейтральный синтетический метан уравнял бы в своих правах метано- и водородопроводы.

Синтетический метан вполне вписывается и в водородную стратегию «Росатома». АЭС при этом выдавали бы в газотранспортную сеть ПАО «Газпром» углеродно-нейтральный природный газ как продукт синтеза «желтого» водорода и уловленного в промышленных анклавах

Использованные источники

1. Рекомендации круглого стола комитета Государственной думы по энергетике на тему «Энергетическая стратегия России до 2050 года: предложения по проекту стратегического отраслевого документа». 4 июля 2022 г.
2. «Газпром» предложил обложить пошлиной поставляемый в Европу СПГ // Ведомости. 05.07.2022 г.
3. Водород уже не тот / Коммерсантъ. №96. 02.06.2022 г.
4. Montel. Energetika.Net. "Green Hydrogen Developers Grapple with Price Volatility". April 5th, 2022.
5. Platts Analytics, National Renewable Energy Lab H2A Model.
6. European Hydrogen Backbone. A European Hydrogen Infrastructure Vision Covering 28 countries. June 2021.
7. Развитие водородной энергетики и декарбонизация промышленности и транспорта на основе природного газа. Утверждено правительством РФ 05.08.2021 г.
8. European Hydrogen Backbone. A European Hydrogen Infrastructure Vision Covering 28 countries. April 2022.
9. Recharge. Hydrogen blending will raise consumer costs and risk public health while barely reducing emissions: US think-tank. 24 March 2022.
10. Irena. "World Energy Transitions Outlook 2022". March 2022.

Установка по производству водорода Uniper

Источник: hellenicshippingnews.com



углекислого газа. Углеродно-нейтральный синтетический метан мог бы экспортироваться как премиальный продукт, так как при его сжигании не возникает дополнительных выбросов в атмосферу.

Демонстрация успехов РФ в производстве «голубого» водорода и его производных, создание специализированной отрасли по улавливанию выбросов парниковых газов сделают полномасштабное сотрудничество с зарубежными партнерами в этом вопросе неизбежным на фоне экзистенциального характера общих вызовов.

Гарантией востребованности «голубого» водорода в средне- и долгосрочной перспективе служит то обстоятельство, что, несмотря на обозначившиеся проблемы переходного этапа, водородная повестка не была подвергнута сомнению. Так, IRENA, международное агентство возобновляемой энергетики, считает, что для ограничения глобального потепления 1,5 градусами к 2050 г. в мире ежегодно должно производиться 614 млн тонн водорода, из которых две трети будут являться «зеленым» водородом, а 205 млн тонн – «голубым». Примерно четверть производимого в мире водорода в тот же рубажный год станет объектом международной торговли, из которых 100 млн тонн будет приходиться на «зеленый», а 50 млн тонн на «голубой» водород. При этом половина водорода будет экспортироваться по водородопроводам, а остальная часть судами в виде аммиака [10]. Невзирая на кризис, ЕС в 2022 году взял на себя повышенные обязательства по водороду. В дополнение к уже запланированным 5,6 млн тонн, он собирается увеличить потребление низкоуглеродного водорода в 2030 году на 15 млн тонн, из которых 10 млн тонн будут импортироваться.

Горизонты искусственного фотосинтеза

Horizons of artificial photosynthesis

Сулейман АЛЛАХВЕРДИЕВ

Член-корр. РАН, к. ф.-м. н., д. б. н.,
заслуженный деятель науки РФ, лауреат
премии им. К. А. Тимирязева РАН,
премии «Глобальная энергия»; зав. лаб.
управляемого фотобиосинтеза Института
физиологии растений РАН, Москва
e-mail: bionanotechlab@imbb.science.az

Suleiman ALLAHVERDIEV

Ph.M.S., Doctor of Biological Sciences, Corresponding
Member of the Russian Academy of Sciences, Honored
Scientist of the Russian Federation, Laureate of the
K. A. Timiryazev Prize of the Russian Academy of
Sciences, Global Energy; Head of the Institute's Controlled
Photobiosynthesis Laboratory Plant Physiology RAS, Moscow
e-mail: bionanotechlab@imbb.science.az

Рост потребления энергии тесно связан с увеличением
численности населения в мире

Источник:

Iryna_Rasko / Depositphotos.com



Аннотация. Сейчас перед человечеством встали две глобальные проблемы: истощение ископаемого топлива на фоне все возрастающего спроса на энергию и ухудшение экологической обстановки. Экологические риски во многом связаны с нерациональным использованием энергетического сырья и сжиганием топлива с большим углеродным следом. Универсальным решением этих проблем является освоение альтернативных возобновляемых и экологически чистых источников энергии, из которых солнечная энергия наиболее доступна. При этом широко распространенные полупроводниковые фотоэлементы не являются оптимальными с точки зрения экономической выгоды и нагрузки на окружающую среду. Используя и имитируя первичные процессы фотосинтеза, можно научиться эффективно и экологично использовать солнечную энергию. Природный фотосинтез можно направить в русло производства биотоплива, в том числе водорода. Гибридные системы, содержащие компоненты фотосинтетического аппарата и неорганические электроды, а также полностью искусственные системы имитирующие первичные процессы фотосинтеза могут быть использованы для генерации фотоэлектричества или опять же для производства водорода. В данном обзоре дается краткий аналитический обзор текущей ситуации в сфере преобразования солнечной энергии с помощью естественного или искусственного фотосинтеза. Многие прорывные работы в этом направлении сделаны при участии или под руководством лауреата премии «Глобальная энергия», д. б. н., Сулеймана И. Аллахвердиева.

Ключевые слова: солнечная энергия, искусственный фотосинтез.

Abstract. Now humanity faces two global problems: the depletion of fossil fuels against the backdrop of ever-increasing demand for energy and the deterioration of the environmental situation. Environmental risks are largely associated with the irrational use of energy raw materials and the combustion of fuels with a large carbon footprint. A universal solution to these problems is the development of alternative renewable and environmentally friendly energy sources, of which solar energy is the most accessible. At the same time, widespread semiconductor photocells are not optimal in terms of economic benefits and environmental impact. Using and imitating the primary processes of photosynthesis, one can learn how to use solar energy efficiently and environmentally. Natural photosynthesis can be directed towards the production of biofuels, including hydrogen. Hybrid systems containing components of the photosynthetic apparatus and inorganic electrodes, as well as completely artificial systems that mimic the primary processes of photosynthesis, can be used to generate photoelectricity or, again, to produce hydrogen. This review provides a brief analytical overview of the current situation in the field of solar energy conversion using natural or artificial photosynthesis. Many breakthrough works in this direction have been made with the participation or under the guidance of the Global Energy Prize laureate, Doctor of Biological Sciences, Suleiman I. Allahverdiev.

Keywords: solar energy, artificial photosynthesis.

Стремительное развитие экономики и рост численности населения на планете особенно в последние годы требует значительного увеличения производства энергии. Предполагается, что численность населения Земли будет увеличиваться на 0,9 % ежегодно и уже в ближайшее время превысит 9 млрд человек. Увеличение численности населения планеты, несомненно, повлечет за собой все возрастающий спрос на продукты питания, топливо, энергию, необходимую для их производства. Уже

в 2040 году спрос на энергию увеличится более чем на 30 % по сравнению с текущим уровнем.

В настоящее время основным источником энергии служат традиционные виды топлива, включая ископаемые ресурсы (каменный уголь, нефть, природный газ, сланцы) и гидроэнергетику. Энергия, получаемая из традиционного топлива (нефть, природный газ, каменный уголь) составляет более 80 % всей энергии, добываемой в мире (Purchase, De Groot, 2015).

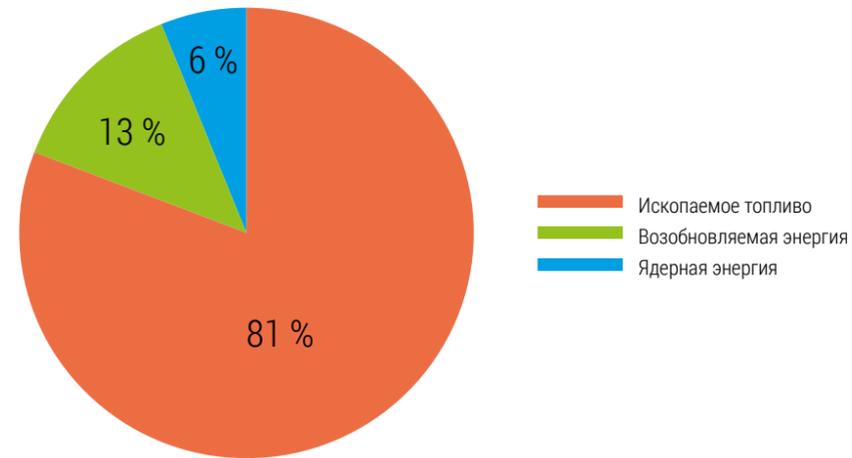


Рис. 1. Процентное соотношение долей источников энергии в глобальном потреблении энергии

На долю ядерного топлива приходится 6 %, а вклад возобновляемых источников энергии не превышает 13 % (рис. 1). Существенным недостатком всех видов ископаемого топлива является их ограниченное количество на планете. Даже если допустить, что будет сохранен текущий уровень потребления запасов ископаемого топлива, то: нефти осталось на 50–60 лет, природного газа – на 40–55 лет (Родионов, 2010). По некоторым ошибочным оценкам предполагается, что каменного угля хватит человечеству более чем на 500 лет, однако более достоверные оценки свидетельствуют о том, что его запасы полностью истощатся через 175 лет.

Другим не менее значимым для выживания человечества недостатком получения энергии из традиционных видов топлива является негативное воздействие его использования на окружающую среду. Сжигание углеводородного топлива сопровождается значительным увеличе-

нием концентрации углекислого газа в атмосфере планеты; вредными выбросами в атмосферу Земли, связанными не только с эмиссией двуоксида углерода, но и других парниковых газов; глобальным потеплением; подкислением океана; и в конечном итоге не просто существенным изменением климата, а причиной настоящей экологической катастрофы (Voloshin *et al.*, 2016), выражающейся в многочисленных негативных проявлениях, оказываемых на природу и человека. Раньше крайне перспективной представлялась атомная энергия, но после произошедших катастроф на атомных электростанциях данный вид энергии стал напрямую ассоциироваться с экологической катастрофой, тем более что до сих пор не созданы эффективные технологии переработки и захоронения радиоактивных веществ. Современные промышленные предприятия энергетики ежегодно выбрасывают на поверхность Земли около 1 млрд тонн отходов. Неравномерное распределение энергетических ресурсов (представленных традиционными видами топлива) приводит к политической напряженности (Allakhverdiev *et al.*, 2010; Musazade *et al.*, 2018). В настоящее время продолжает увеличиваться количество крупных промышленных производств и гигантских энергостанций, использующих традиционные виды топлива в качестве источника энергии. Растет также число газо- и нефтепроводов, протяженность которых лишь в европейской части России превысила 300 тысяч км. Если говорить о негативном воздействии на окружающую среду потребляемого ископаемого топлива,

К солнечной энергетике можно условно отнести несколько способов преобразования энергии квантов света в два вида энергии: энергию электрического тока и энергию химических связей

то вклад нефти в нарушение экологии составляет 42,6 %, угля – 37,4 % и газа – 20 %. Из-за этого в мире ежегодные потери, связанные с затратами на экологию, составляют 7,5 триллиона долларов.

Таким образом, ограничения в запасах ископаемых видов топлива (которые, к сожалению, не возобновляемы), все возрастающие мировые потребности в энергии и негативные климатические изменения на планете резко повысили актуальность поиска путей вовлечения в масштабы глобального промышленного производства альтернативных экологически чистых и возобновляемых источников энергии. Поэтому в перспективе все больше внимания, средств и поисковых усилий будет уделяться разработке, внедрению, более широкому и более интенсивному использованию разных экологически чистых возобновляемых альтернативных источников энергии (АИЭ).

Альтернативные источники энергии

Кроме традиционной энергетики в мире происходит постепенное вовлечение в экономику альтернативных экологически чистых источников энергии. В настоящее время считается, что любой вид энергии, производимый из возобновляемых источников, является экологически безопасным и может стать одним из основных источников энергии для человечества в будущем. Как правило, в рамках понятия «экологичные альтернативные источники энергии» рассматриваются шесть её наиболее распространенных видов: солнечная энергия, энергия ветра, гидроэнергия, геотермальная энергия, энергия, получаемая в результате переработки биомассы в молекулярный водород (МВ) и энергия биотоплива (этанол, биодизель). Несмотря на кажущиеся очевидными преимущества указанных выше альтернативных источников энергии, существуют также определенные проблемы, которые необходимо учитывать при выборе наиболее перспективного ее вида с точки зрения экологии и экономической целесообразности.

Среди альтернативных источников энергии интенсивно развивается ветряная энергетика для получения электричества за счет энергии ветра. Однако, она имеет определенные недостатки. Энергия

воздушных потоков, перерабатываемая в электроэнергию с помощью существующих в настоящее время ветротурбин, оказывает вредное воздействие на окружающую среду за счет генерации низкочастотных звуковых волн (инфразвук), отрицательно влияющих на психику человека, мощность которых определяется скоростью и силой воздушного потока. Кроме того, ветрогенераторы нарушают нормальную миграцию птиц; для размещения системы ветротурбин, как правило, требуются относительно большие площади поверхности, которые могли бы использоваться для других целей.

Выбросы CO₂ и метана при сжигании ПНГ
 Источник: *bashta / Depositphotos.com*



Электричество за счет солнечного излучения получается либо путем прямого преобразования энергии света в разного типа фотоэлементах, либо опосредованно путем нагревания воды до состояния пара

В последнее время в определенных районах планеты достаточно интенсивно стала развиваться геотермальная энергетика. Для производства геотермальной энергии используется подземное тепло. Геотермальная энергия с минимальным воздействием на окружающую среду может быть использована только в районах, где на поверхности или достаточно близко к поверхности имеются большие геотермальные источники. В России это парогидротермальные месторождения, расположенные на Сахалине и Курилах. Недостатком геотермальной энергетики является отсутствие парогидротермальных месторождений в большинстве регионов планеты. Необходимость глубокого бурения земной коры в других местах Земли для получения доступа к геотермальной энергии ставит под сомнение как экономическую целесообразность этого вида энергии, так и отсутствие отрицательного воздействия на окружающую среду.

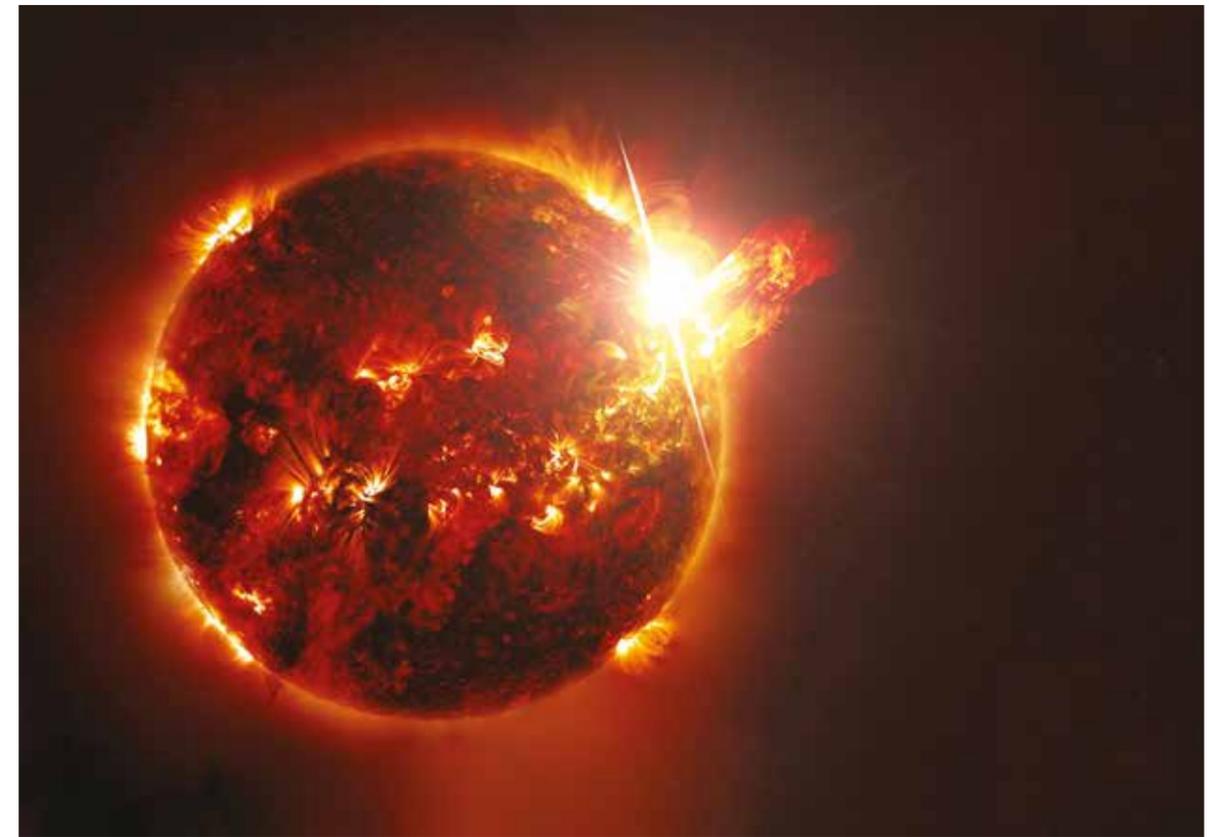
Гидроэнергетика, преобразующая энергию масс воды, накопленных в результате перекрытия рек плотиной, или энергию приливных волн в электрическую энергию, отрицательно влияет на экологию водных биоресурсов.

Наибольший интерес представляет солнечная энергетика, когда непосредственно или относительно опосредованно используется энергия солнечного излучения. К солнечной энергетике с определенной степенью условности можно отнести несколько способов преобразования энергии квантов света в основном в два вида энергии: либо в энергию электрического тока, либо в энергию химических связей разных видов топлива: молекулярного водорода, биоэтанола, биодизеля.

Электричество за счет солнечного излучения получается либо путем прямого преобразования энергии света в разного типа фотоэлементах (так называемых солнечных ячейках), либо опосредованно путем нагревания воды за счет сконцентрированного с помощью соответствующих устройств солнечного излучения в разного рода гелиоконцентраторах до состояния пара, который используется в паровых электростанциях.

В энергию химических связей энергия солнечного излучения преобразуется в процессе природного фотосинтеза. Энергетика, сфокусированная на производстве биотоплива, основывается либо на переработке биомассы, синтезируемой в процессе природного фотосинтеза, либо на переработке клеточных предшественников (определенного типа липидов или жирных кислот), синтезируемых природными или чаще направленно модифицированными штаммами фототрофов. Затем эти предшественники легко преобразуются в разные виды биотоплива, например, биоэтанол, биодизель, биоводород (Voloshin et al., 2016; Rodionova et al., 2017; Bolatkhan et al., 2019; 2020). Нарботка на полях и/или в разного рода биореакторах биомассы разных типов фототрофов позволяет

Саженцы кукурузы в сельскохозяйственном саду
Источник: *lamyai / Depositphotos.com*



Солнце из космоса

Источник: *Arch88 / Depositphotos.com*

осуществить чрезвычайно эффективное преобразование энергии солнечного излучения в процессе природного фотосинтеза в органическую биомассу. Выявление, разработка, создание методами генной инженерии и подробные исследования фототрофов, способных эффективно и преимущественно накапливать в клетках предшественники, легко преобразуемые в биотопливо, такое как этанол и биодизель, представляется достаточно перспективным с точки зрения экологии и экономики направлением развития одного из видов опосредованной солнечной энергетике.

В ИФР РАН успешно проводятся изыскания с использованием синтетических наноконструкций, как в виде искусственных интермедиатов на многих ключевых участках растительной клетки и, особенно, фотосинтетического аппарата (ФА), так и в виде наночастиц на основе жизненно значимых для фототрофов микро- и макроэлементов вместо обычных удобрений (Allakhverdiev et al., 2010; Nath et al., 2015; Najafpour et al., 2016, 2020).

Солнечная энергетика (солнечные ячейки)

Из перечисленных выше альтернативных источников энергии наиболее перспективной представляется солнечная энергия, поскольку энергия Солнца неисчерпаема. Энергия солнечного света, попадающая на нашу планету в течение одного часа, эквивалентна всей энергии, которую использует человечество в течение одного года.

Энергетика биотоплива базируется на переработке биомассы, получаемой в процессе фотосинтеза, или клеточных предшественников, синтезируемых направленно модифицированными штаммами фототрофов

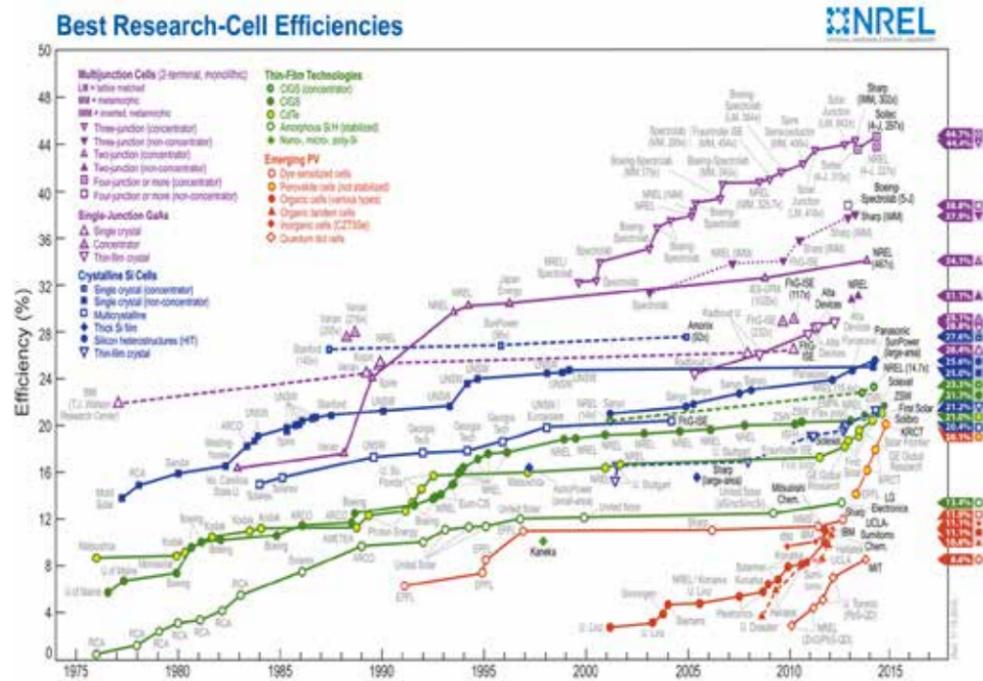


Рис. 2. Достижения в проектировании разных типов СЯ, по состоянию на последние 40 лет

Обозначения: точки – название лабораторий, в которых были достигнуты достижения; фиолетовый цвет – каскадные фотоэлементы и элементы на основе арсенида галлия; синий цвет – кремниевые ячейки различных вариантов; зеленый цвет – тонкопленочные элементы на основе полупроводников теллурида кадмия и селенида меди-индия-галлия; оранжевый цвет – сенсibilизированные красителем солнечные ячейки, ячейки на основе перовскита, ячейки на основе органических красителей и на основе квантовых точек

По абсолютному значению поставляемой на нашу планету энергии в единицу времени Солнце занимает первое место. Мощность солнечного излучения, достигающего Земли, составляет 100000 ТВт (Gratzel, 2001).

Для преобразования энергии солнечного излучения в энергию электричества в промышленных масштабах используются различные фотопреобразователи – фотоэлементы (солнечные ячейки, СЯ) на основе полупроводников (кремний, кадмий и т. д.);

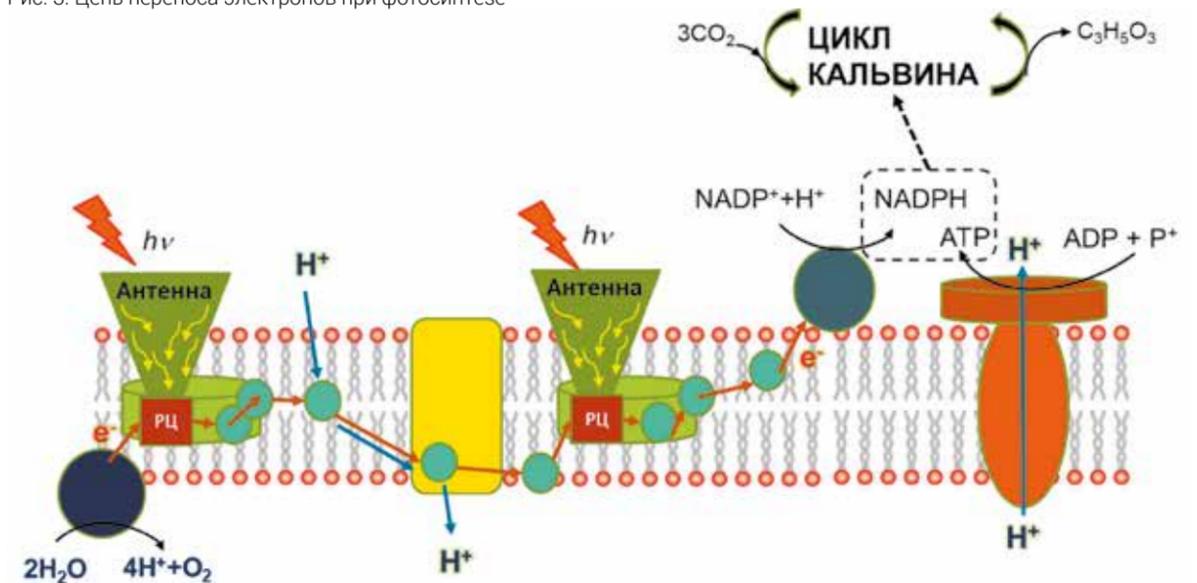
По абсолютному значению поставляемой на нашу планету энергии в единицу времени Солнце занимает первое место. Мощность солнечного излучения, достигающего Земли, составляет 100 000 ТВт

фотоэлементы на основе органических полимеров, тонкопленочные фотоэлементы. В настоящее время также стали интенсивно разрабатываться ячейки на основе органических хромофоров (биологические пигменты и пигмент/белковые комплексы). Полупроводниковые фотоэлементы обладают на данный момент наибольшей эффективностью. В настоящее время лабораторные солнечные ячейки на основе кремния имеют эффективность около 40 %, тогда как эффективность промышленных солнечных ячеек составляет около 20 %. В то же время такие фотоэлементы обладают рядом недостатков, основными из которых являются их высокая стоимость и проблема утилизации вредных компонентов солнечных ячеек (кадмий).

Естественным природным процессом преобразования солнечной энергии в другие виды энергии является природный фотосинтез. Фотосинтезирующие организмы научились конвертировать энергию солнечного света в энергию полезных им химических соединений около 3,5 млрд лет назад (Ben-Shem et al., 2004). В настоящее

время несомненным является тот факт, что процесс фотосинтеза – это один из самых важных процессов на нашей планете. Стоит отметить, что нефть, газ и уголь также появились благодаря способности фотосинтезирующих организмов захватывать солнечную энергию и использовать ее для создания органических молекул. Преобразование и накопление энергии на планете осуществляют именно фотосинтезирующие растения, а органические соединения, которые синтезируются ими в процессе природного фотосинтеза, являются первичными продуктами накопления солнечной энергии. Известно, что в процессе природного фотосинтеза энергия квантов поглощенного света превращается в химическую энергию с эффективностью около 100 %, то есть квантовый выход первичных реакций разделения заряда в ходе фотосинтеза близок к 1. Необходимо отдельно остановиться на одной из крайне важных эволюционных возможностей живой природы нашей планеты, а именно, на процессе окисления воды за счет энергии поглощенного солнечного света, сопровождающийся выделением молекулярного кислорода в окисленном фотосинтезе. Именно фотоокисление воды окислительными фототрофами привело к появлению в атмосфере значительного количества молекулярного кислорода, что вызвало формирование защитного озонового слоя, а также вывело биоэнергетику почти всего живого на планете на абсолютно новый уровень аэробного метаболизма. В результате почти все живые организмы получили

Рис. 3. Цепь переноса электронов при фотосинтезе



В настоящее время лабораторные солнечные ячейки на основе кремния имеют эффективность около 40 %, тогда как эффективность промышленных солнечных ячеек составляет около 20 %

способность сжигать органическое топливо со значительной степенью эффективности. Фотосинтетический аппарат представляет собой эффективный и слаженно работающий механизм (рис. 3), который является крайне перспективным объектом для моделирования процессов преобразования энергии, а компоненты фотосинтетического аппарата весьма перспективны для их использования в составе солнечных ячеек. Возможная и перспективная альтернатива фотоэлементам на основе полупроводников в солнечной энергетике – это создание и усовершенствование солнечных ячеек на основе компонентов фотосинтетического аппарата. Благодаря высокой эффективности фотоиндуцированного разделения заряда, которое осуществляется в фотосинтетических реакционных центрах, они обоснованно могут рассматриваться в качестве возможных кандидатов на роль фо-

Фотосинтетический аппарат представляет собой эффективный и слаженно работающий механизм, который является перспективным объектом для моделирования процессов преобразования энергии

тосенсибилизатора в солнечных ячейках. Именно искусственные фотосистемы, созданные на основе и «по образу и подобию» природного фотосинтеза представляют сегодня значительный интерес для ученых всего мира в качестве фотокатализаторов в гибридных системах производства молекулярного водорода (рис. 4).

Как в прошлые годы, так и в настоящее время научные интересы и усилия ЛУФБС ИФР РАН направлены на исследование основных принципов и механизмов естественного, т. е. природного фотосинтеза, используя которые можно было бы разрабатывать и создавать перспективные высокоэффективные устройства для искусственного фотосинтеза с возможностью внедрения их в промышленность. Для повышения эффективности работы таких солнечных ячеек в лаборатории используются различные искусственные

соединения, биомиметики, заменяющие естественные компоненты ФА, в частности пластохиноны и марганецсодержащий кислород-выделяющий комплекс. С использованием вышеуказанных компонентов в ЛУФБС ИФР РАН была разработана, создана и исследована солнечная ячейка с иммобилизованными на поверхности диоксида титана фотосинтетическими тилакоидными мембранами (Voloshin et al., 2017); разработан оригинальный золотой электрод, на котором в качестве фотосенсибилизатора были иммобилизованы препараты ФС2. Экспериментально показано, что интенсивность генерации фототока в ячейке с модифицированной ФС2 значительно выше, чем в контроле (Miyachi et al., 2017). Для того чтобы иметь возможность всесторонне исследовать разные параметры и оценивать эффективность работы ячеек на основе компонентов ФА в условиях, соответствующих реальным условиям промышленного использования, в лаборатории была разработана, спроектирована, создана и успешно апробирована специальная установка, позволяющая изменять условия функционирования солнечных ячеек в широком диапазоне температур, интенсивностей и качества света, а также другие условия окружающей среды (Voloshin et al., 2019). Эти достижения лаборатории значительно приближают перспективы начала реальной адаптации указанных выше искусственных систем фотосинтеза для экспериментального применения в промышленности.

Водородная энергетика

Основным недостатком большей части альтернативных источников энергии (солнце, ветер, приливные волны) является их непостоянный, мерцающий, не непрерывный характер поставки энергии (день сменяется ночью, интенсивность солнечного излучения, достигающего поверхности планеты, вследствие изменчивости атмосферы, сила ветра и приливных волн – непостоянны). В связи с этим остро встает

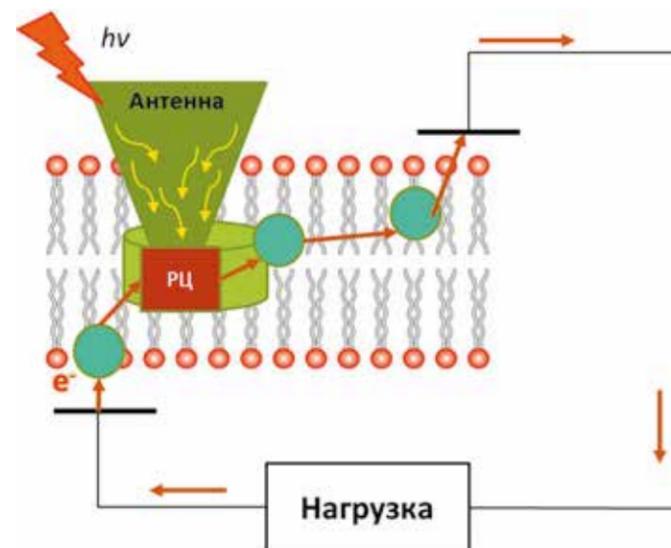
состоит из двух протонов и атома кислорода. Как один из основных компонентов в структуре молекулы воды водород – это широко распространенный, имеющийся на нашей планете в избытке, возобновляемый источник энергии, не дающий при сгорании никаких загрязнений окружающей среды, выделяющий при сжигании большое количество энергии на единицу веса и который может быть легко преобразован в электричество с помощью топливных ячеек. С учетом вышесказанного водород



Красные маки

Источник: ljphoto7@gmail.com / Depositphotos.com

Рис. 4. Схема СЯ на основе компонентов фотосинтетического аппарата



вопрос поиска способа хранения энергии, получаемой от таких альтернативных источников энергии. На сегодняшний момент лучшим способом хранения энергии может быть ее хранение в виде молекулярного водорода (МВ).

Водородная энергетика обладает целым рядом преимуществ. Молекулярный водород признан топливом будущего, поскольку он представляет собой не содержащее углерода самое экологически чистое топливо. Он не загрязняет окружающую среду, и это позволит экономить до 7,5 трлн долларов в год, которые планета ежегодно тратит на восстановление поврежденных экологии вследствие использования традиционных видов топлива. Молекула воды

признан наиболее эффективным и наиболее энергоемким топливом, из всех видов топлива. Он является наиболее удобным для крупномасштабной транспортировки на большие расстояния топливом. При его сжигании образуется вода и не образуются разрушающие озоновый слой химические вещества и парниковые газы.

Получение молекулярного водорода

Молекулярный водород практически не встречается на нашей планете в свободной форме, его приходится извлекать из прочих соединений, в которых он на-

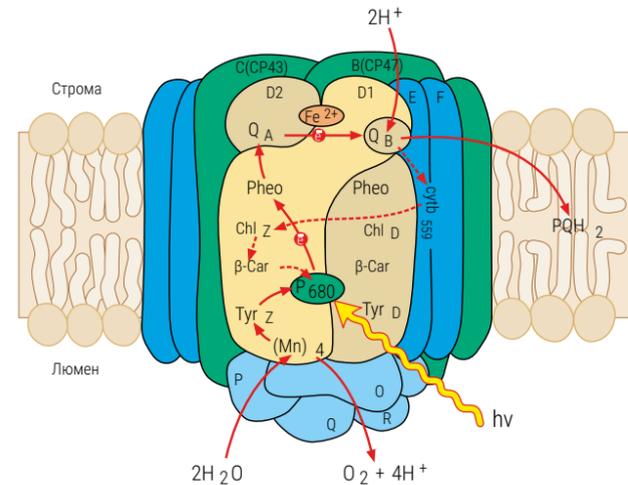


Рис. 5. Структура ФС2 и КВК

ходится в «связанном» виде. Основными методами получения водорода являются: паровая конверсия метана и природного газа; газификация угля; электролиз воды; пиролиз; частичное окисление; биотехнологии. Хотя электролиз воды выглядит привлекательно с экологической точки зрения, это очень дорогая технология получения водорода. На неё приходится всего 4–5 % от общего произведённого объема водорода. Но по сей день электролиз воды рассматривается как перспективный метод экологически чистого получения водорода при использовании энергии от возобновляемых альтернативных источников энергии.

Кроме фотосинтетического расщепления воды на высокоэнергетичные электроны, протоны и кислород, за счет энергии солнечного излучения некоторые фототрофы способны при участии определенных ферментов осуществлять реакцию генерации молекулярного водорода, используя для этого протоны и высокоэнергетичные

электроны, получаемые ими в реакции фоторасщепления воды. Уникальность ФС2 заключается в том, что это единственный существующий в природе ферментный комплекс, способный использовать энергию солнечного света для окисления воды до кислорода (O_2), ионов водорода (протонов H^+) и электронов (Govindjee et al., 2010). Структура и принцип работы ФС2 показан на рис. 5. Для производства водорода, в том числе и с помощью систем искусственного фотосинтеза, необходимы восстанавливающие эквиваленты (высокоэнергетичные электроны) и протоны. Вода – единственный существующий в природе в неограниченных объемах возобновляемый источник электронов, уникальность которого заключается в том, что она может быть использована и как единственный существующий в природе в неограниченных объемах возобновляемый источник протонов. Если бы в разрабатываемых системах искусственного фотосинтеза удалось достичь сопряжения реакции фотогенерации протонов и высокоэнергетичных электронов от воды (т. е. реакции фотосинтетического расщепления воды) с реакцией восстановления протонов до молекулярного водорода (H_2), то удалось бы создать цикл уникального, совершенного, неограниченного в объемах производства незагрязняющего окружающую среду топлива (Allakhverdiev et al., 2009; 2010; Nath et al., 2015; Najafpour et al., 2016, 2020). Усилия исследователей в настоящее время направлены на решение этой задачи.

Какие реакции природного фотосинтеза уже сейчас можно успешно использовать или уже используются в системах искус-

ственного фотосинтеза? Преобразование энергии квантов электромагнитного излучения (солнечного света) в энергию электрического тока с помощью преобразователей, в которых в качестве фотосенсибилизатора используются компоненты ФА, о которых мы говорили выше. Обоснованно предполагается, что такие ячейки будут обладать существенными преимуществами по сравнению с используемыми в настоящее время ячейками на основе кремния. Дешевое и экологичное электричество, получаемое при эксплуатации таких солнечных ячеек, может напрямую использоваться для хозяйственных нужд или для электрохимического окисления воды с целью промышленного получения H_2 . Кроме фермента для восстановления протонов необходим источник высокоэнергетичных электронов. На первом этапе им может быть экзогенный восстановитель, или фотовосстановленный электронами от ФС1 ферредоксин, как это имеет место в природных системах, или же высокоэнергетичные электроны могли бы поставляться от реакционного центра ФС2 (очень перспективно) должным образом сопряженного с гидрогеназой или ее искусственным (более эффективным, более стабильным более неуязвимым для любых внешних воздействий) аналогом. Уже в 80-х годах прошлого столетия в работе профессора С. И. Аллахвердиева с соавторами было показано, что редокс

Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН
Источник: ippras.ru



Молекулярный водород практически не встречается на нашей планете в свободной форме, его приходится извлекать из прочих соединений, в которых он находится в «связанном» виде

Уникальность ФС2 в том, что это единственный существующий в природе ферментный комплекс, способный использовать энергию солнца для окисления воды до кислорода, ионов водорода и электронов

потенциала восстановленного первичного акцептора электрона ФС2, феофитина вполне достаточно для того, чтобы эффективно восстанавливать эндогенные и экзогенные акцепторы электронов, типичные для ФС1, такие как ферредоксин, НАДФ, метилвиологен и бензилвиологен (Allakhverdiev & Klimov 1992). Более того, авторам удалось показать, что комплексы ФС2, лишенные водоокисляющего кластера, в присутствии экзогенного донора генерирует молекулярный водород за счет энергии солнечного излучения (Mal'tsev et al., 1988).

Основная проблема в задаче получения неограниченного количества дешевых протонов от воды, которую всесторонне и успешно решают в ЛУФБС ИФР РАН – это поиск, разработка, синтез, исследование и внедрение в данный процесс эффективного, дешевого экологически безопасного, стабильного, создаваемого на основе широко распространенного в земной коре металла. Этот элемент необходимо легко и безопасно для окружающей среды добывать и утилизировать по окончании срока использования. Он же должен являться катализатором реакции окисления воды (на первом этапе пусть электрохимического), имитирующим природный Mn-содержащий кластер кислород-выделяющего комплекса ФС2.

Катализаторы окисления воды

Известно, что процесс окисления воды в случае природного фотосинтеза осуществляется при участии специального катализатора, основным компонентом которого выступают 4 атома Mn (Klimov et al., 1982; Аллахвердиев и др., 1983). Не затрагивая

вопрос о внешнем источнике энергии можно назвать задачу прогнозирования, разработки, сборки и подробных исследований многочисленных катализаторов процесса окисления воды крайне важной. В качестве внешнего источника энергии в данном случае пока служит электричество, а процесс обозначается как электрохимическое окисление воды. Этот процесс дает неиссякаемый источник протонов, т. е. компонента, из которого состоит молекула водорода и, следовательно, без которого в принципе невозможно в последующем получить молекулярный водород. В качестве побочного продукта в этой реакции выделяется кислород, экологически безопасный продукт, причем крайне необходимый для существования всего живого на планете. При этом, получение протонов для генерации молекулярного водорода в реакции электрохимического окисления воды с помощью разрабатываемых катализаторов энергетически и, следовательно, финансово намного дешевле других существующих методов получения протонов (например, путем электролиза воды).

В работах профессора С. И. Аллахвердиева разработана методика поэтапного удаления ионов эндогенного Mn из водоокисляющего комплекса ФС2 (ВОК) и последующей реконструкции ВОК с помощью $MnCl_2$ или искусственных Mn-органических комплексов. Экспериментально показано, что каталитический центр водоокисляющего кислород-выделяющего комплекса (КВК) ФС2 природного фотосинтеза содержит 4 атома марганца, и в дальнейшем эти данные были подтверждены методом рентгеноструктурного анализа. С. И. Аллахвердиевым установлено, что после полного (более, чем 95 %) удаления эндогенного Mn из ВОК ФС2 транспорт электронов через ФС2,

Авторам удалось показать, что комплексы ФС2, лишённые водоокисляющего кластера, в присутствии экзогенного донора генерирует молекулярный водород за счет энергии солнечного излучения



Ботанический сад, Берлин, Германия
Источник: Lesniewski / Depositphotos.com

а также функция фотосинтетического выделения кислорода могут быть вновь восстановлены путем добавления четырех ионов Mn^{2+} на один РЦ (два из которых могут быть заменены ионами Mg^{2+} или ионами других двухвалентных металлов) и последующей фотоактивации системы (Klimov et al., 1982; Аллахвердиев и др., 1983). Все эти годы в ЛУФБС ИФР исследовали и в настоящее время продолжают исследовать широчайший спектр разных металлов и их органических комплексов, которые могли бы быть использованы в качестве катализаторов окисления воды в системах искусственного фотосинтеза (Najafpour et al., 2016; 2020). В результате авторы пришли к удивительному заключению, что более подходящего металла для катализа окисления воды, чем тот, который был выбран природой много миллионов лет назад, не существует, и что, очевидно, человечеству в своих изысканиях следует идти по пути создания природоподобных систем искусственного фотосинтеза (Najafpour et al., 2016; 2020). Эти работы позволили существенно продвинуть проблему реконструкции ФС2 и создания эффективных катализаторов окисления воды. Основываясь на полученных фундаментальных знаниях о компонентах ФА, в ЛУФБС ИФР разработаны,

синтезированы и подробно исследованы в качестве катализаторов окисления воды многочисленные Mn-, Fe-, Ni-, Ir-, а также Co-, Ru-содержащие комплексы (более 55), являющиеся биомиметиками ФС2 и способные эффективно катализировать расщепление воды на молекулярный кислород и протоны (Najafpour et al., 2014, 2015, 2016, 2020; Mousazade et al., 2019). Многие из этих комплексов уже сейчас могут быть использованы для конструирования систем искусственного фотосинтеза. Полученные в ЛУФБС ИФР результаты и состояние данной проблемы обобщены в нашем обзоре в 2016 г. в Chemical Reviews (Najafpour et al., 2016). В этой лаборатории удалось удалить марганец из нативного КВК ФС2 и успешно реконструировать полученную апо-ФС2 с помощью димерного марганцевого комплекса, содержащего различные лиганды (Allakhverdiev et al., 1994 a, b; Nagata et al., 2007, 2008; Vitukhnovskaya et al., 2018); синтезирован трех-ядерный марганецсодержащий комплекс с различными органическими лигандами, способный после реконструкции с апо-ФС2 катализировать фотоиндуцированное расщепление воды на молекулярный кислород и протоны (Allakhverdiev et al., 1994 a, b; Nagata et al., 2007, 2008; Vitukhnovskaya et al., 2018).

Селективный бокс



Источник: KateNovikova / Depositphotos.com

Известно, что процесс окисления воды в случае природного фотосинтеза осуществляется при участии специального катализатора, основным компонентом которого выступают 4 атома Mn

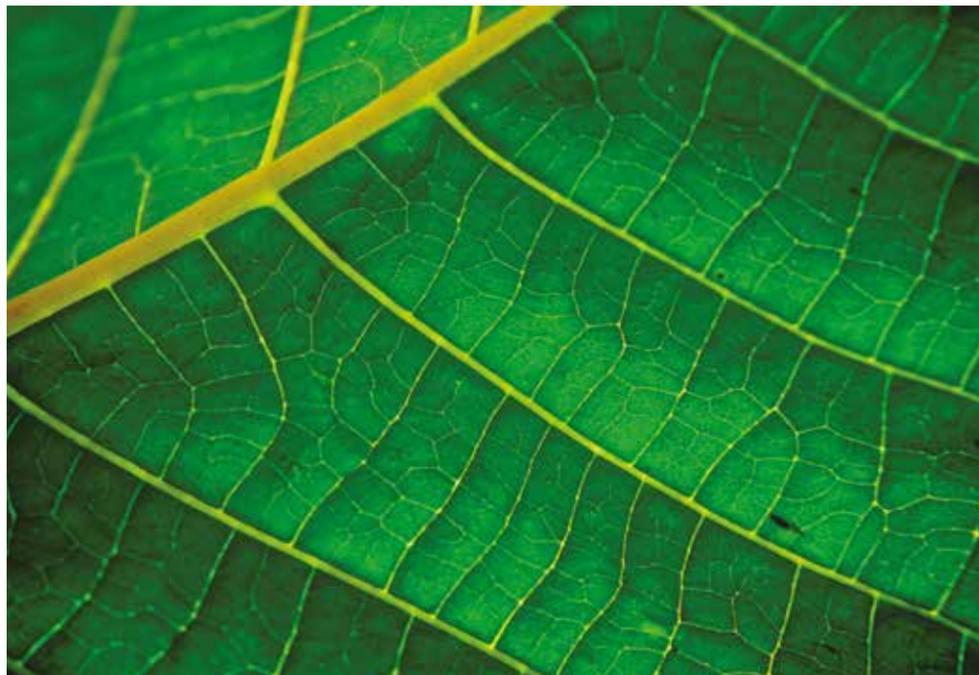
Расширение «полезного» диапазона электромагнитного излучения

В перспективе, несомненно, усилия ученых будут направлены на разработку систем искусственного фотосинтеза, способных с высокой эффективностью преобразовывать энергию квантов электромагнитного излучения не в достаточно узком как в случае природного фотосинтеза диапазоне частот, а в любом из предпочтительных по условиям промышленного применения диапазоне, например с помощью

Молекулярный водород можно получить из неограниченного по запасам источника: отходов сельского хозяйства, пищевых и лесоперерабатывающих производств, биомассы окисленных микроорганизмов

средств, которые уже найдены и достаточно широко исследованы, такие как новые виды хлорофилла «d» и «f» (Аллахвердиев и др., 2016; Schmitt et al., 2019; Kato et al., 2020), способные поглощать фотоны низкой энергии и/или квантовые точки (Pucker et al., 2012). Открытие и успехи в исследовании свойств и особенно функций длинноволновых видов хлорофилла «d» и «f» не только существенно расширили наши представления о возможном диапазоне электромагнитного излучения, используемого фототрофами в окисленном фотосинтезе, но и показали осуществимость казалось бы невозможного – переноса энергии возбуждения против градиента энергий от длинноволновых хлорофиллов d (f)

Зелёный пигмент – хлорофилл



Источник: commons.m.wikimedia.org

к более коротковолновому хлорофиллу «a» в РЦ ФС2 (Аллахвердиев и др., 2016; Schmitt et al., 2019; Kato et al., 2020). В ЛУФБС ИФР уже получены обнадеживающие результаты о возможности использования длинноволновых форм хлорофилла «d» и «f», способных поглощать фотоны низкой энергии, для существенного расширения «полезного» диапазона электромагнитного излучения в длинноволновую часть спектра в солнечных ячейках, в которых в качестве фотосенсибилизатора применяются эти виды хлорофилла (Voloshin et al., 2017).

Производство молекулярного водорода с помощью микрофототрофов

Изыскиваются пути получения альтернативных видов топлива из возобновляемого природного сырья, которым является растительная, животная, микробная биомасса. Молекулярный водород можно получить из практически неограниченного по запасам источника: отходов сельскохозяйственных предприятий, пищевых и лесоперерабатывающих производств и воды; биомассы окисленных микроорганизмов (микроводорослей и цианобактерий) – перспективным углеводородсодержащим субстратом для анаэробного сбраживания

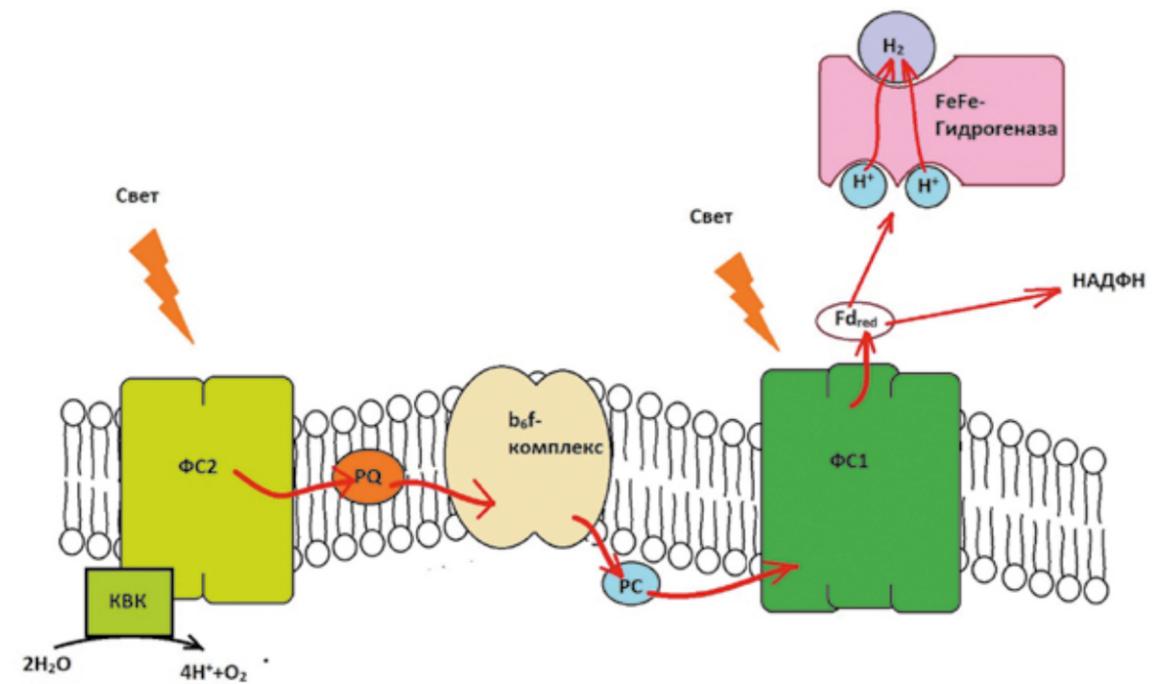


Рис. 6. Генерация водорода в клетках микроводорослей. В КВК ФС2 происходит фотоиндуцированное окисление воды. В FeFe-гидрогеназе происходит восстановление водорода за счет электронов из ФС1

бактериями, образующими молекулярный водород (Bolatkhan et al., 2019; Sadvakasova et al., 2019, 2020). Использование способных генерировать МВ микроорганизмов позволяет одновременно разработать технологию получения водорода и решить проблему переработки отходов путём их микробной конверсии.

Природные гидрогеназы

В фотокаталитических системах молекулярный водород можно генерировать, используя в качестве катализатора природные гидрогеназы, ферменты, способные к активации МВ и его окислению, либо восстановлению протонов до молекулярного водорода.

Фотосинтетическое расщепление воды в сочетании с производством водорода, которое катализируется гидрогеназой/нитрогеназой, можно рассматривать в качестве перспективного чистого возобновляемого источника энергии (Allakhverdiev et al. 2009, 2010). Однако имеет место существенный недостаток: гидрогеназы очень чувствительны к кислороду, который уже через 2–3 минуты их инактивирует (Василов, 2009; Марков, 2007). Поэтому основным требованием к синтезу водорода водорослями является создание анаэробных условий.

В тоже время цианобактерии являются единственными организмами, которые могут выделять водород в воздушной атмосфере в присутствии кислорода. Скорость образования ими водорода в несколько раз выше, чем у зелёных микроводорослей и культивирование цианобактерий осуществляется при минимальных требованиях к субстрату. Для образования водорода гетероцистные цианобактерии подвергают воду серии промежуточных реакций, а не используют её напрямую, как это делают микроводоросли и цианобактерии без гетероцист (Bolatkhan et al., 2019; Sadvakasova et al., 2019, 2020).

В фотокаталитических системах молекулярный водород можно генерировать, используя в качестве катализатора природные гидрогеназы, ферменты, способные к активации МВ и его окислению



Фитолаборатория

Источник: AVRORRA / Depositphotos.com

Системы генерации молекулярного водорода

На первом этапе промышленная генерация молекулярного водорода уже сейчас могла бы осуществляться упрощенной системой искусственного фотосинтеза за счет неисчерпаемого источника протонов, получаемых в реакции электрохимического окисления воды и высокоэнергетичных электронов из внешней среды. В такой системе природные высокоэффективные и стрессоустойчивые гидрогеназы или их синтетические аналоги будут катализировать образование молекулярного водорода.

Одним из требований к искусственному фотосинтезу, основанному на кислородном фотосинтезе, является разделение фотокатализатора, окисляющего воду, и катализатора, синтезирующего топливо

На следующем этапе в аналогичной системе искусственного фотосинтеза будет использоваться источник высокоэнергетичных электронов от солнечных ячеек, построенной на основе компонентов ФА. В настоящее время в экспериментальном лабораторном варианте уже работают системы искусственного фотосинтеза, в которых природная ФС2 сопряженная с гидрогеназой. В такой системе за счет энергии солнечного излучения на донорной стороне осуществляется расщепление воды на кислород, протоны и высокоэнергетичные электроны, а на акцепторной стороне происходит восстановление протонов высокоэнергетичными электронами от воды, катализируемое гидрогеназой, причем эти реакции пространственно разделены с помощью соответствующих проницаемых для протонов и непроницаемых для молекул кислорода пленок (Цыганков, 2006).

В этом случае одним из основных требований к системам искусственного фотосинтеза, основанного на кислородном фотосинтезе, является пространственное разделение фотокатализатора, окисляющего воду, и (фото)катализатора, синтезирующего молекулярное топливо. В качестве электродов для солнечных ячеек на основе компонентов ФА для генерации

водорода за счет энергии света служат полупроводники. Диоксид титана (TiO_2) является стабильным полупроводником преобразования солнечной энергии в химическую, но ему требуется внешний фотокатализатор для окисления воды или синтеза топлива (Allakhverdiev *et al.*, 2009). Имитация природных каталитических центров окисления воды и восстановления протонов при создании стабильных фотокатализаторов – это новое направление в области альтернативной энергетики (Najafpour *et al.*, 2015; 2016 a; Allakhverdiev *et al.*, 2020). Кислородовыделяющий ФС2 является природным прототипом катализатора окисления воды, а природная

ее стабильности и эффективности работы в реакции генерации молекулярного водорода. Получения фотоводорода в наших работах было модифицировано так, что с помощью этой модификации ФС1 удалось создать систему искусственного фотосинтеза, способную производить молекулярный водород за счет энергии света (Miyachi *et al.*, 2017). Таким образом, в результате исследований этой лаборатории была не только создана солнечная ячейка на основе препаратов тилакоидных мембран и изолированных фотосистем, способная генерировать фототок, но и система искусственного фотосинтеза, способная производить водород.

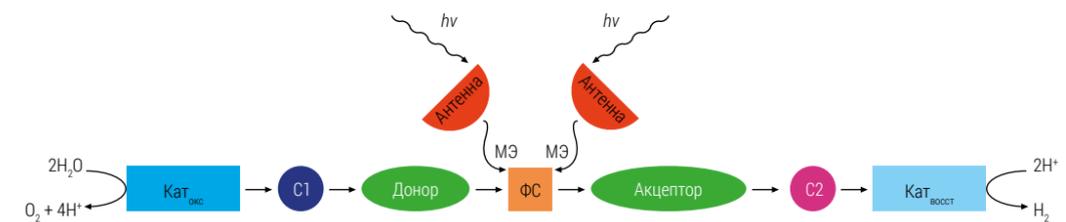


Рис. 7. Генерация водорода в системе искусственного фотосинтеза

Обозначения: ФС – фотосенсибилизатор, C1 и C2 – катализаторы, реализующие перенос электронов на донорной и акцепторной стороне соответственно, Катокс и Катвосст – катализатор, окисляющий воду и катализатор восстанавливающий водород соответственно. Прямые синие стрелки – миграция электронов, МЭ – миграция энергии в антенных комплексах

гидрогеназа является основой для разработки катализатора, генерирующего водород. Другой путь связан с использованием нативных белковых комплексов (фотосистема 1, фотосистема 2, гидрогеназы) с некоторыми модификациями, позволяющими соединяться с неорганическим субстратом, что повышает их эффективность и долговечность (Najafpour *et al.*, 2015, 2016, 2020; Allakhverdiev *et al.*, 2020). Схема генерации водорода искусственными системами представлена на рис. 7.

Еще в 1988 году профессором С. И. Аллахвердиевым с соавторами была экспериментально показана практическая возможность генерации молекулярного водорода комплексами ФС2, лишенными водоокисляющего кластера в присутствии экзогенного донора (Mal'tsev *et al.*, 1988). Также, как и ФС2, ФС1 может быть успешно модифицирована с целью повы-

Преобразование энергии солнечного излучения в биотопливо путем накопления и переработки биомассы микрофототрофов

Производство биомассы фотосинтезирующих водорослей в промышленных масштабах в настоящее время является интенсивно развивающимся способом решения глобальной проблемы всё возрастающего недостатка энергетических ресурсов (Voloshin *et al.*, 2016; Rodionova *et al.*, 2017; Bolatkhan *et al.*, 2019; 2020). Фототрофные микроводоросли с их исключительным индексом роста способны синтезировать уникальное разнообразие молекул, имеющих высокое экономическое значение для разных отраслей промышленности, в том числе и для энергетики. Биомасса фотосинтезирующих микроводорослей

состоит из богатых энергией соединений, таких как липиды и углеводы. Липиды, триацилглицерины, присутствующие в микроводорослях, пригодны для превращения в биодизель путем переэтерификации. Углеводороды можно извлечь из биомассы простыми методами и затем использовать в качестве субстрата для ферментации в микробных ферментационных реакциях, генерирующих биотопливо, такое как биоэтанол, биобутанол, биоводород и биометан (Voloshin et al., 2016; Rodionova et al., 2017; Bolatkhan et al., 2019). Уже в ближайшее время будут выявлены и выделены потенциальные штаммы с устойчивыми характеристиками



Испытания растений в чашке Петри
Источник: Wavebreakmedia / Depositphotos.com

ками роста и высокой производительностью желаемых продуктов из природных ресурсов. Прогнозируемо перспективные в указанном выше отношении штаммы будут всесторонне и существенно улучшены путем адаптивной эволюции и/или случайного и/или направленного мутагенеза. В результате этих действий скорость роста и накопления липидов и/или углеводов будут максимально увеличены, в частности за счет оптимизации всех значимых параметров культуры, а также применения различных стратегий технологического проектирования; будут выявлены все возможности усовершенствования процессов преобразования полученной биомассы (липидов и/или углеводов), в соответ-

ствие с типом планируемого к получению биотоплива: биоэтанол, биобутанол и биоводород. В этих исследованиях значимое место займут вновь выявленные, и/или направленно модифицированные бактериальные штаммы (Voloshin et al., 2016; Rodionova et al., 2017; Bolatkhan et al., 2019; 2020).

Еще одним направлением, обещающим прорыв в ближайшие годы в развитии энергетики на основе модифицированных фотосинтезирующих микроводорослей (представителей искусственного фотобiosинтеза), станет разработка новых технологий и подходов к снижению стоимости производства биомассы за счет создания штаммов модифицированных фотомикротрофов, которые способны успешно прогрессировать, перерабатывая промышленные отходы, такие как многочисленные сточные воды и отработанный углекислый газ (Bolatkhan et al., 2019; 2020). Результаты этих исследований обладают большим потенциалом т. к., могут без существенных финансовых затрат вывести производство биотоплива на промышленный уровень, и в то же время значительно сократить загрязнение окружающей среды за счет дешевой, эффективной и максимальной переработки и утилизации бросовых, остаточных веществ антропогенных отходов (Bolatkhan et al., 2019; 2020).

В ЛУФБС ИФР уже давно интенсивно и успешно ведется работа по выявлению и выделению потенциальных штаммов с устойчивыми характеристиками роста и высокой продуктивностью желаемых продуктов из природных ресурсов (путем биоразведки в природе, с последующим скринингом в лабораторных условиях), а также в имеющихся коллекциях. Проводится их идентификация с использованием молекулярных методов, изучаются множественные функциональные (в том числе, характеризующие фотосинтез и ключевые ферментативные реакции клетки) параметры выявленных штаммов. Выполняются работы по их улучшению путем адаптивной эволюции или случайного мутагенеза с целью достичь максимальное увеличение их ростовых свойств и их способности к накоплению углеводов за счет оптимизации параметров культуры и применения различных стратегий технологического проектирования. Осуществляется поиск путей и возможностей оптимизации процессов преобразования полученной био-

массы в биотопливо, такое как биоэтанол, биобутанол и биоводород с использованием выявленных опытных бактериальных штаммов. Уже исследован широкий ряд штаммов цианобактерий и выявлены перспективные штаммы, характеризующиеся высокой способностью к генерации молекулярного водорода в темноте и при освещении (Sadvakasova et al., 2019, 2020).

Таким образом, уже сегодня на основе изучения принципов функционирования ФС2, а также результатов разработки, построения и исследования созданных систем искусственного фотосинтеза, сотрудниками ЛУФБС ИФР РАН разработаны экспериментально обоснованные детальные схемы и последовательности действий по созданию разных по сложности преобразователей солнечной энергии, содержащие донор электрона, акцептор электрона и фотосенсибилизатор. В настоящее время ведутся работы по их практическому воплощению. В случае самого простого преобразователя солнечной энергии порфирином будет использован как фотосенсибилизатор, хиноновые молекулы как акцептор электрона, этанол как донор электрона и ТЕМРО как катализатор (Nagata et al. 2009). Эта схема имитирует перенос электрона в ФС2. Кроме того, уже удалось модифицировать Q_b сайт на акцепторной стороне ФС2, где Q_b был заменен

Теплица с экзотическими растениями
Источник: Alexnow / Depositphotos.com



Производство биомассы фотосинтезирующих водорослей в промышленных масштабах сегодня является интенсивно развивающимся способом решения глобальной проблемы недостатка энергетических ресурсов

его хиноновыми аналогами в комплексе с другими молекулами, что увеличивало эффективность переноса электрона. Для разработки систем генерации молекулярного водорода была также проведена реконструкция акцепторной части ФС1. К молекуле пластохинона был присоединен платиновый комплекс, играющий роль гидрогеназы. Основываясь на огромной базе современных научных данных, разработана обобщенная схема биомиметической системы, которая имитирует работу ФС2 в процессе окисления воды и способна к фотовыделению водорода. Основными компонентами такой ячейки являются: светособирающий комплекс; фотосенсибилизатор; система разделения заряда – первичные донор и акцептор; окисляющий катализатор, расщепляющий воду на кислород и протоны; восстановитель, то есть катализатор, восстанавливающий протоны до водорода. В ближайшее время на основе этих данных будут созданы более совершенные системы искусственного фотосинтеза.

Заключение

Процесс фотосинтеза привёл к беспрецедентному взрыву биологической активности на нашей планете, позволив жизни процветать и эволюционировать огромными шагами. Огромным скачком в истории Земли является появление возможности окислять воду в процессе окислительного фотосинтеза. Фотосинтез с энергетической точки зрения – это природный процесс превращения солнечной энергии в топливо, а биологическое производство водорода с помощью энергии Солнца является альтернативой химическим и электрохимическим технологиям. В наши дни ведётся

большая работа по совершенствованию и созданию новых, альтернативных путей производства водорода, при этом массовость, дешевизна и экологическая чистота этого процесса являются необходимыми условиями. Старые методы производства водорода не эффективны, а наиболее часто встречающийся электролиз воды отличается высокой степенью дороговизны.

Будущее человечества – за использованием солнечного света, воды и эффективного катализатора для получения дешёвого и экологически чистого молекулярного водорода. На сегодняшний момент во всём мире уже достигнуты значительные успехи в создании систем искусственного фотосинтеза, активно ведутся научные работы по совершенствованию таких систем и созданию эффективных катализаторов данного процесса.

Подводя итоги, невозможно не вспомнить судьбоносный отрывок из книги «Таинственный остров» Ж. Верна (1875 г.): «Все великие открытия, по какому-то непонятному закону, совпадают и дополняют друг друга. Да, друзья мои, я думаю,

что воду когда-нибудь будут употреблять как топливо, что водород и кислород, которые входят в её состав, будут использованы вместе или поодиночке и явятся неисчерпаемым источником света и тепла, значительно более интенсивным, чем уголь. Придет день, когда котлы паровозов, пароходов и тендеры локомотивов будут вместо угля нагружены сжатыми газами, и они станут гореть в топках с огромной энергией. Итак, нам нечего опасаться. Пока на Земле живут люди, они будут обеспечены всем, и им не придется терпеть недостатка в свете, тепле и продуктах животного, растительного или минерального царства. Повторяю, я думаю, что, когда истощатся залежи каменного угля, человечество будет отапливаться и греться водой. Вода – уголь будущего».

Хочу выразить благодарности моим коллегам и сотрудникам Владимиру Пащенко, Сергею Жармухамедову, Роману Волошину, Айшат Бозиевой. Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (19-14-00118; 22-44-08001).

Использованные источники

- Allakhverdiev S. I., Klimov V. V. (1992) Photoreduction of NADP(+) in photosystem II of higher plants: requirement for manganese. *Z Naturforsch C*. 47(1–2):57–62.
- Allakhverdiev S. I., Karacan M. S., Somer G, Karacan N, Khan EM, Rane SY, Padhye S, Klimov V. V., Renger G (1994 a) Binuclear manganese (III) complexes as electron donors in D1/D2/cytochrome b559 preparations isolated from spinach photosystem II membrane fragments. *Z Naturforsch C*. 49(9–10):587–92.
- Allakhverdiev S. I., Karacan M. S., Somer G., Karacan N., Khan E. M., Rane S. Y., Padhye S., Klimov V. V., Renger G. (1994 b) Reconstitution of the water-oxidizing complex in manganese-depleted photosystem II complexes by using synthetic binuclear manganese complexes. *Biochemistry*, 33(40):12210–4.
- Allakhverdiev S. I., Kreslavski V. D., Thavasi V., Zharmukhamedov S. K., Klimov V. V., Nagata T., Nishihara H., Ramakrishna S. (2009) Hydrogen photoproduction by use of photosynthetic organisms and biomimetic systems. *Photochem Photobiol Sci*, 8:148–156.
- Allakhverdiev S. I., Thavasi V., Kreslavski V. D., Zharmukhamedov S. K., Klimov V. V., Ramakrishna S., Los D. A., Mimuro M., Nishihara H., Carpentier R. (2010) Photosynthetic hydrogen production. *J Photochem Photobiol C*. 11:87–99.
- Allakhverdiev S. I. (2020) Editorial for the special issue on photosynthesis and hydrogen energy research for sustainability-2019. *Photosynth Res*, 146(1–3):1–3.
- Ben-Shem A., Frolov F., Nelson N. (2004) Evolution of photosystem I – From symmetry through pseudosymmetry to asymmetry, *FEBS Lett*, 564(3):274–280.
- Bolatkhani K., Kossalbayev B. D., Zayadan B. K., Tomo T., Veziroglu T. N., Allakhverdiev S. I. (2019) Hydrogen production from phototrophic microorganisms: Reality and perspectives. *Inter J Hydrogen Energy*, 44(12):5799–5811.
- Bolatkhani K., Sadvakasova A. K., Zayadan B. K., Kakimova A. B., Sarsekeyeva F. K., Kossalbayev B. D., Bozieva A. M., Alwasel S., Allakhverdiev S. I. (2020) Prospects for the creation of a waste-free technology for wastewater treatment and utilization of carbon dioxide based on cyanobacteria for biodiesel production. *J. Biotechnol*, 324:162–170.
- Govindjee G., Kern J. F., Messinger J., Whitmarsh J. (2010) Photosystem II. In: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester, p. 1–15.
- Gratzel M. (2001) Photoelectrochemical cells, *Nature*, 414:338–344.
- Kato K., Shinoda T., Nagao R., Akimoto S., Suzuki T., Dohmae N., Chen M., Allakhverdiev S. I., Shen J.-R., Akita F., Miyazaki N., Tomo T. (2020) Structural basis for the adaptation and function of chlorophyll f in photosystem I. *Nature Comm*, 11: No:238.
- Klimov V. V., Allakhverdiev S. I., Shuvalov V. A., Krasnovsky A. A. (1982) Effect of extraction and re-addition of manganese on light reactions of photosystem II preparations. *FEBS Lett*, 148: 307–312.
- Mal'tsev S. V., Allakhverdiev S. I., Klimov V. V., Krasnovsky A. A. (1988) Hydrogen evolution by subchloroplast preparations of photosystem II from pea and spinach. *FEBS Lett*, 240:1–5.
- Miyachi M., Ikehira S., Nishiori D., Yamanoi Y., Yamada M., Iwai M., Tomo T., Allakhverdiev S. I., Nishihara H. (2017) Photocur-

rent Generation of Reconstituted Photosystem II on a Self-Assembled Gold Film. *Langmuir*, 33:1351–1358.

- Miyachi M., Okuzono K., Nishiori D., Yamanoi Y., Tomo T., Iwai M., Allakhverdiev S. I., Nishihara H. (2017) A photochemical hydrogen evolution system combining cyanobacterial photosystem I and platinum nanoparticle-terminated molecular wires. *Chem Lett*, 46(10):1479–1481.
- Musazade E., Voloshin R., Brady N., Mondal J., Atashova S., Zharmukhamedov S. K., Huseynova I., Ramakrishna S., Najafpour M. M., Shen J. R., Bruce B. D., Allakhverdiev S. I. (2018) Biohybrid solar cells: Fundamentals, progress, and challenges. *J Photochem Photobiol C: Photochem Rev*, 35:134–156.
- Nagata T., Kikuzawa Y., Nagasawa T., Allakhverdiev S. I. (2009) Single-molecular quinine pools: a synthetic model of biochemical energy transducer. *Transac Mater Res Soc (MRS) of Japan*, 34: 505–508.
- Nagata T., Nagasawa T., Zharmukhamedov S. K., Klimov V. V., Allakhverdiev S. I. (2007) Reconstitution of the water-oxidizing complex in manganese-depleted photosystem II preparations using synthetic binuclear Mn(II) and Mn(IV) complexes: production of hydrogen peroxide. *Photosynth Res*, 93:133–138.
- Nagata T., Zharmukhamedov S. K., Khorobrykh A. A., Klimov V. V., Allakhverdiev S. I. (2008) Reconstitution of the water-oxidizing complex in manganese-depleted photosystem II preparations using synthetic Mn-complexes: a fluorine-19 NMR study of the reconstitution process. *Photosynth Res*, 98:277–284.
- Najafpour M. M., Isaloo M. A., Eaton-Rye J. J., Tomo T., Nishihara H., Satoh K., Carpentier R., Shen J.-R., Allakhverdiev S. I. (2014) Water exchange in manganese-based water-oxidizing catalysts in photosynthetic systems: from the water-oxidizing complex in photosystem II to nano-sized manganese oxides. *Biochim Biophys Acta*, 1837(9):1395–1410.
- Najafpour M. M., Carpentier R., Allakhverdiev S. I. (2015) Artificial photosynthesis. *J. Photochem Photobiol B*, 152(Pt A):1–3.
- Najafpour M. M., Renger G., Holyriska M., Moghaddam A. N., Aro E. M., Carpentier R., Nishihara H., Eaton-Rye J. J., Shen J.-R., Allakhverdiev S. I. (2016) Manganese Compounds as Water-Oxidizing Catalysts: From the Natural Water-Oxidizing Complex to Nanosized Manganese Oxide Structures. *Chemical Reviews*, 116(5):2886–9.
- Najafpour M. M., Zaharieva I., Zand Z., Hosseini S. M., Kouzmanova M., Hofynska M., Tranca I., Larkum A. W., Shen J. R., Allakhverdiev S. I. (2020) Water-oxidizing complex in Photosystem II: Its structure and relation to manganese-oxide based catalysts. *Coor Chem Reviews* 409:213183.
- Nath K., Najafpour M. M., Voloshin R. A., Balaghi S. E., Tyystjarvi E., Timilsina R., Eaton-Rye J. J., Tomo T., Nam H. G., Nishihara H., Ramakrishna S., Shen J.-R., Allakhverdiev S. I. (2015) Photobiological hydrogen production and artificial photosynthesis for clean energy: from bio to nanotechnologies. *Photosynth Res*, 126(2–3):237–47.
- Purchase R. L., De Groot H. J. M. (2015) Biosolar cells: Global artificial photosynthesis needs responsive matrices with quantum coherent kinetic control for high yield. *Interface Focus*, 5, 20150014.
- Rodionova M. V., Poudyal R. S., Tiwari I., Voloshin R. A., Zharmukhamedov S. K., Nam H. G., Zayadan B. K., Bruce B. D., Hou H. J. M., Allakhverdiev S. I. (2017) Biofuel production: Challenges and opportunities. *Inter J Hydrogen Energy*, 42(12):8450–8461.
- Sadvakasova A. K., Akmukhanova N. R., Bolatkhan K., Zayadan B. K., Ussebayeva A. A., Bauenova M. O., Akhmetkaliyeva A. E., Allakhverdiev S. I. (2019) Search for new strains of microalgae-producers of lipids from natural sources for biodiesel production. *Inter J Hydrogen Energy*, 44(12):5844–5853.
- Sadvakasova A. K., Kossalbayev B. D., Zayadan B. K., Bolatkhan K., Alwasel S., Najafpour M. M., Tomo T., Allakhverdiev S. I. (2020) Bioprocesses of hydrogen production by cyanobacteria cells and possible ways to increase their productivity. *Rene Sustaina Energy Reviews*, 133: 110054.
- Schmitt F. J., Campbell Z. Y., Bui M. V., Huls A., Tomo T., Chen M., Maksimov E. G., Allakhverdiev S. I., Friedrich T. (2019) Photosynthesis supported by a chlorophyll f-dependent, entropy-driven uphill energy transfer in *Halomicronema hongdechloris* cells adapted to far-red light. *Photosynth Res*, 139(1–3):185–201.
- Vitukhnovskaya L. A., Zharmukhamedov S. K., Najafpour M. M., Allakhverdiev S. I., Semenov A. Y., Mamedov M. D. (2018) Electrochemical reactions in Mn-depleted photosystem II core particles in the presence of synthetic binuclear Mn complexes. *Biochem Biophys Res Com*, 503(1):222–227.
- Voloshin R. A., Rodionova M. V., Zharmukhamedov S. K., Veziroglu N. T., Allakhverdiev S. I. (2016) Review: Biofuel production from plant and algal biomass, *Inter J Hydrogen Energy*, 41(39):17257–17273.
- Voloshin R. A., Bedbenov V. S., Gabrielyan D. A., Brady N. G., Kreslavski V. D., Zharmukhamedov S. K., Rodionova M. V., Bruce B. D., Allakhverdiev S. I. (2017) Optimization and characterization of TiO₂-based solar cell design using diverse plant pigments. *Inter J Hydrogen Energy*, 42(12):8576–8585.
- Voloshin R. A., Brady N. G., Zharmukhamedov S. K., Feyziyev Y. M., Huseynova I. M., Najafpour M. M., Shen J.-R., Veziroglu T. N., Bruce B. D., Allakhverdiev S. I. (2019) Influence of osmolytes on the stability of thylakoid based dye sensitized solar cells. *Inter J Energy Research*, 43(14):8878–8889.
- Аллахвердиев С. И., Клеваник А. В., Климов В. В., Шувалов В. А., Красновский А. А. (1983) Определение число атомов марганца, функционирующих в донорной части фотосистемы 2 // *Биофизика*, 28: 5–8.
- Аллахвердиев С. И., Креславский В. Д., Жармухамедов С. К., Волошин Р. А., Королькова Д. В., Томо Т., Шэнь Ц.-Р. (2016) Хлорофиллы d и f и их роль в первичных процессах фотосинтеза цианобактерий // *Биохимия*, 81(3):315–328.
- Василов П. Г. (2009) Перспективы развития производства биотоплива в России. Сообщение 4: биоводород // *Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю. А. Овчинникова*. Т. 5. № 1. С. 35–41.
- Марков С. А. (2007) Биоводород: возможное использование водорослей и бактерий для получения молекулярного водорода // *Альтернативная энергетика и экология*. Т. 1. № 45. С. 30–35.
- Родионов В. Г. (2010) Энергетика. Проблемы настоящего и возможности будущего // *Москва: ЭНАС*. – 352 с.
- Цыганков А. А. (2006) Получение водорода биологическим путем // *Российский химический журнал*. Т. 50. № 6. С. 26–33.

Венесуэла под сводом санкций: разрушенная, но не сломленная

Venezuela under sanctions: destroyed but not broken

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

Chief Researcher of the Analytical Center of the Energy policy and Security (Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences), a member of the Directorate Council of the Institute of Energy Strategy, Dr. of economic sci., professor of the National University of Oil and Gas «Gubkin University», academician of the Russian Academy of natural Sciences
e-mail: amastepanov@mail.ru

Андрей СУМИН

Ведущий научный сотрудник Аналитического центра энергетической политики и безопасности ИПНГ РАН, к. ю. н.
e-mail: 02.slot.cancans@icloud.com

Andrey SUMIN

Leading researcher of Analytical Center for Energy Policy and Security (Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences), PhD in law
e-mail: 02.slot.cancans@icloud.com

Борис ЧИГАРЕВ

Ведущий инженер по научно-технической информации ИПНГ РАН, к. ф.-м. н.
e-mail: bchigarev@ipng.ru

Boris CHIGAREV

Leading engineer for scientific and technical information at the Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences), PhD in physics and mathematics
e-mail: bchigarev@ipng.ru

Каракас

Источник: yaikeldorta / Depositphotos.com



Аннотация. В статье рассмотрен санкционный механизм, задействованный США с целью нанести ущерб экономике и сместить законное правительство Венесуэлы. Сделан акцент на американских санкциях против венесуэльской нефтедобывающей промышленности. Проанализирована лежащая в основе санкционного механизма нормативно-правовая база. Охарактеризованы отдельные санкционные режимы как составные части санкционного механизма и основания для их применения. Рассмотрены результаты воздействия американских санкций на нефтедобывающий сектор Венесуэлы. Дан анализ мерам, принимаемым властями США для налаживания сотрудничества с Венесуэлой в нефтедобывающей сфере при формальном сохранении действия санкционного механизма.

Ключевые слова: Венесуэла, США, санкции, санкционный механизм, санкционный режим, нефтедобыча, нефть, Минфин США, директива, PdVSA, OFAC, VERDAD, Repsol.

Abstract. The article examines the sanctions mechanism used by the United States to damage the economy and displace the legitimate government of Venezuela. The emphasis is placed on US sanctions against the Venezuelan oil industry. The regulatory and legal framework underlying the sanctions mechanism is analyzed. Individual sanctions regimes as components of the sanctions mechanism and the grounds for their application are characterized. The results of the impact of U.S. sanctions on the oil-producing sector of Venezuela are considered. An analysis is given of the measures taken by the US authorities to reestablish cooperation with Venezuela in the oil sector while formally maintaining the sanctions mechanism.

Keywords: Venezuela, USA, sanctions, sanctions mechanism, sanctions regime, oil production, oil, United States Department of the Treasury, Executive Order, PdVSA, OFAC, VERDAD, Repsol.

//

В 2021 г. объём нефтедобычи в Венесуэле составил лишь 0,56 млн б/с, хотя ещё в 2018 г., до ввода санкций, добыча достигала 1,5 млн б/с

Санкционный режим руководства США в отношении правительства Венесуэлы и отдельных граждан этой латиноамериканской страны действует уже на протяжении полутора десятков лет. Самые первые санкции были введены в отместку за якобы имевшее место нежелание венесуэльских властей сотрудничать с США в борьбе против наркоторговли и терроризма. В дальнейшем, уже в годы правления президента Барака Обамы, сфера действия санкцион-

ного механизма была расширена. Санкции стали индивидуализироваться, то есть применяться не только в целом к государству в лице его высших должностных лиц, но и к отдельным физическим лицам за якобы имеющую место вовлечённость последних в нарушения прав человека, коррупцию или «антидемократическую деятельность». Пришедшая на смену администрации Обамы администрация Дональда Трампа продолжила практику предшественников, и ввела против Венесуэлы ряд дополнительных санкций под предлогом борьбы с якобы усилившимся авторитаризмом президента Николаса Мадуро, находящегося у власти с 2013 г.

Признав Хуана Гуайдо – главу Национальной ассамблеи (парламента) Венесуэлы и одновременно – оппонента Президента Н. Мадуро в качестве победителя президентских выборов Венесуэлы в 2019 г. – администрация Д. Трампа использовала политический кризис в Венесуэле для ужесточения санкций против латиноамериканской страны с целью вынудить Мадуро уйти с президентского поста. В частности, санкции были наложены на правительство, Центральный банк Венесуэлы и на венесуэльскую государственную нефтяную компанию *Petróleos de Venezuela, S.A.* (PdVSA).

По состоянию на май 2022 г. Министерство финансов США ввело санкции в общей сложности против 166 физических лиц, являющихся гражданами Венесуэлы либо имеющих связи с указанной страной. Кроме того, Государственный департамент США аннулировал американские визы у более чем 1 тыс. граждан Венесуэлы и членов их семей [1]. Успехом американские санкции не увенчались: президент Мадуро продолжает оставаться на посту, а экономика Венесуэлы по итогам первого полугодия 2022 г. показала пусть и незначительный, но прирост на фоне роста мировых нефтяных котировок из-за российской спецоперации на Украине [2, с. 1]. Тем не менее, американские ограничения нанесли огромный ущерб нефтедобывающей отрасли латиноамериканской страны. Венесуэла располагает самыми крупными доказанными запасами (proved reserves) нефти в мире – 303,8 млрд барр. или 17,8 % общемировых [3]. Но из-за американских санкций нефтедобыча в стране в последние годы резко снизилась [4]. По данным Управления энергетической информации США, в 2021 г. среднесуточный объём нефтедобычи в стране составил лишь 0,56 млн баррелей в сутки. [5, с. 38]. При этом ещё в 2018 г., до ввода в начале 2019 г. нефтяных санкций, в Венесуэле добывалось в среднем 1,5 млн барр. в сутки [6]¹.

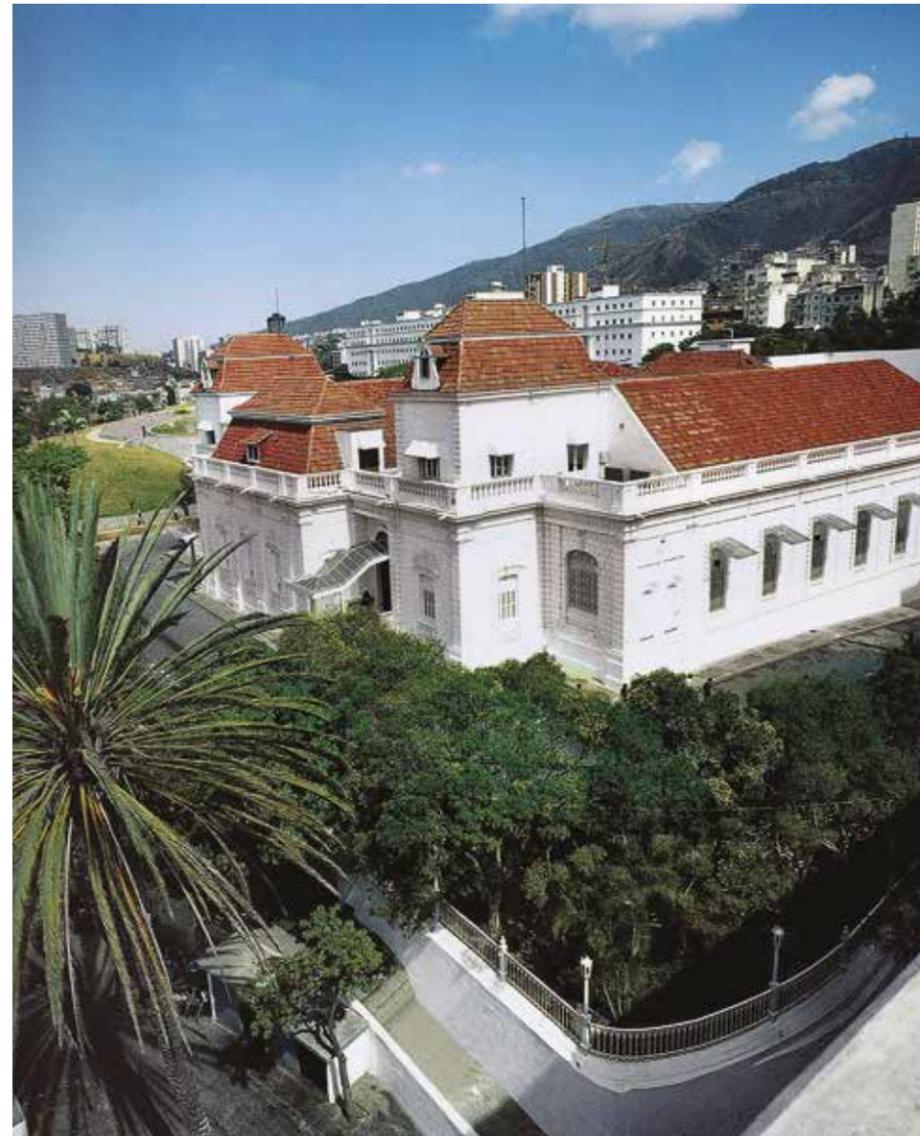
Кроме того, санкции против России, введённые США, нанесли опосредованный удар и по Венесуэле: в настоящий момент венесуэльские власти имеют сложности с доступом к своим активам, депонированным в попавших под американские ограничительные меры российских банках [1, с. 1].

Однако в последнее время находящаяся у власти в США администрация президента Джо Байдена, и по-прежнему поддерживаемая ею венесуэльская оппозиция, начали рассматривать возможные варианты смягчения санкций с целью побудить президента Мадуро сделать шаги навстречу оппозиции, и в идеале – назначить новые президентские выборы в стране. Ещё в 2021 г. Гуайдо и его соратники сформировали коалицию «Объединённая платформа» и начали переговоры с представителями президента Мадуро. Переговоры были прерваны в октябре того же года по инициативе Мадуро. При этом основной причиной смягчения бескомпромиссной прежде позиции

правительства США являются растущие мировые цены на нефть и нефтепродукты. Так, если в декабре 2020 г. цена на нефть марки WTI (West Texas Intermediate – эталонной марки, добываемой в штате Техас) составляла 48,52 долл./барр., то уже в декабре 2021 г. – 75,21 долл./барр., а в мае 2022 г. – 115,3 долл./барр. [8].

К тому же, после начала российской специальной военной операции на Украине американские власти приняли решение заменить на своём внутреннем рынке российскую нефть на венесуэльскую. В 2021 г. США ежедневно импортировали 670 тыс. барр. сырой нефти и нефтепродуктов из России, причём импорт российской нефти в США подскочил именно после введения американских санкций в отношении Венесуэлы. Тяжёлые сорта венесуэльской нефти поставлялись для образования

Президентский дворец Мирафлорес, Венесуэла
Источник: guiaccs.com



смеси с лёгкой американской сланцевой нефтью до параметров, подходящих для переработки на НПЗ на побережье Мексиканского залива, которые были построены еще до сланцевого бума в США. Поэтому неудивительно, что американские власти снова решились на смену поставщиков нефти – только теперь в обратном порядке [4]. В марте 2022 г. Мадуро встретился с прибывшими в Венесуэлу для переговоров американскими чиновниками [9]. Результатом встречи стало освобождение из заключения двух граждан США и обещание Мадуро возобновить переговоры с проамериканской оппозицией. В середине мая 2022 г. Минфин США слегка ослабил ограничения на ведение деятельности в Венесуэле в отношении концерна Chevron – единственной из оставшихся на венесуэльском рынке американских нефтегазовых компаний. Суть данного скорее символического жеста заключалась в намерении американской администрации восстановить сотрудничество с венесуэльской PdVSA – тем более, что американские чиновники обещали и другие подобные послабления. Со своей стороны концерн Chevron ходатайствовал в Минфине США о продлении истекавшего 1 июня 2022 г. разрешения для работы на венесуэльском рынке: американская компания намеревалась реактивировать ряд своих совместных с PdVSA проектов и нарастить добычу нефти. Несмотря на изначально негативный настрой из-за нежелания венесуэльских властей делать ответные встречные шаги в отношении США, американский Минфин в конце мая продлил указанное разрешение [10].

На примере Венесуэлы наглядно видно, что санкции в отношении нефтедобывающей промышленности являются неотъемлемой частью более широкой санкционной стратегии, которую США традиционно используют для воздействия на неугодные им государства с целью принудить правительства последних действовать в нужном США русле. В частности, американские власти в 2019 г. ввели против венесуэльской государственной нефтяной компании PdVSA целый ряд ограничений, в результате чего в юрисдикции США оказались заблокированы активы на сумму в 7 млрд долл. [11]. Формально власти США не могут запретить международным компаниям закупать венесуэльскую нефть, однако они в состоянии оказать финансовое давление на них, запретив им вести дела с американ-

скими компаниями в случае неисполнения санкций (грозя введением так называемых косвенных санкций).

Задействованный в отношении Венесуэлы американский санкционный механизм представляет собой стандартный набор ограничительных мер, которые США уже в течение десятилетий вводят против неугодных им правительств других государств. Указанные санкции классифицируются в США в следующие группы [1]:

1. Санкции, связанные с обвинениями в поддержке терроризма. В 2006 г. Госдепартамент США обвинил правительство Венесуэлы в нежелании «всецело» поддерживать антитеррористические мероприятия



Президент Венесуэлы Николас Мадуро
Источник: news2.ru

американских властей. Данный шаг был оформлен в виде официального ежегодного отчёта во исполнение § 40А американского закона о контроле за экспортом оружия (англ. – Arms Export Control Act, 22 U.S.C. 2781). С тех пор Венесуэла ежегодно упоминается в данном негативном ключе в отчётах Госдепа; последний такой отчёт был обнародован в мае 2022 г. На основании заключений Госдепа американская администрация в 2006 г. запретила поставки и реэкспорт оружия в Венесуэлу. В 2008 г. Минфин США на основании директивы (англ. – Executive Order, сокр. E.O.) 13224 ввёл финансовые санкции в отношении двух венесуэльских физических лиц и двух туристических агентств за оказание финан-

¹ По данным BP Statistical Review of World Energy 2022, 71st edition – 1,631 млн барр. в сутки [7].



Рабочие нефтяной промышленности Венесуэлы

Источник: kapital.kz

совой поддержки ливанской военизированной шиитской группировке «Хезболла», которая причислена в США к числу террористических организаций.

2. Санкции по обвинению в поддержке наркоторговли. С 2003 г. администрации находящихся у власти президентов США на основании федерального закона о полномочиях по поддержанию международных отношений (англ. Foreign Relations Authorization Act, P.L. 107–228, § 706; 22

Венесуэла располагает самыми крупными доказанными запасами нефти в мире – 303,8 млрд барр. или 17,8% общемировых. Но из-за санкций нефтедобыча в стране в последние годы резко снизилась

U.S.C. 2291j) публикуют ежегодные отчёты о состоянии внешней политики страны. Начиная с 2005 г., каждый такой годовой отчёт содержит обвинения в адрес правительства Венесуэлы в неспособности поддерживать взятых ранее обязательств по борьбе с наркоторговлей. Последний на сегодняшний день такой доклад был обнародован в сентябре 2021 г. Несмотря на наличие ставших уже стандартными на-

падок в адрес Венесуэлы, президент США Дж. Байден сделал символический жест примирения, исключив из доклада положения о запрете на оказание Венесуэле некоторых видов гуманитарной помощи. Правда, сделано это было под предлогом поддержки венесуэльской оппозиции. Министерство финансов США также ввело экономические санкции в отношении, по меньшей мере, 22 связанных с Венесуэлой физических и 27 юридических лиц, обвинив их в поддержке наркоторговли на основании федерального закона об идентификации причастных к наркоторговле лиц (англ. – Foreign Narcotics Kingpin Designation Act, P.L. 106–120, Title VIII; 21 U.S.C. 1901). В частности, санкции были наложены на министра нефти Тарека эль-Ассами. Стоит отметить, что сохранение санкций в отношении члена венесуэльского правительства чревато трудностями и для самих США, ибо в случае чего не позволит американской администрации оперативно отменить введённое против латиноамериканской страны нефтяное эмбарго.

3. Персональные санкции по обвинениям в антидемократической деятельности, нарушениях прав человека и коррупции. Частью санкционного механизма в отношении Венесуэлы являются и неизменные в таких случаях ограничительные меры в связи с якобы имеющими место в той или иной неугодной стране нарушениями прав человека. В случае с Венесуэлой Конгресс США даже принял в 2014 г. специальный закон – федеральный закон

о защите прав человека и гражданского общества Венесуэлы (англ. – Venezuela Defense of Human Rights and Civil Society Act of 2014, P.L. 113–278; 50 U.S.C. 1701 note). Нормы закона обязывают президента США вводить санкции в отношении любых лиц, ответственных за якобы имеющие места в Венесуэле «масштабные» акты насилия, нарушения прав человека и «антидемократические действия». Недавно американский конгресс продлил действие данного нормативного правового акта по 2023 г. включительно. Далее, на основании этого закона президент США Б. Обама подписал в марте 2015 г. директиву 13692, а Минфин США в июле того же года опубликовал руководство по практическому применению отдельных норм закона (31 C.F.R. Part 591). Согласно подписанной Обамой директиве, санкции (в виде блокировки активов и визовых ограничений) должны налагаться:

- на любых лиц, причастных к отдельным действиям или проводящих политику по подрыву демократических процессов и институтов в Венесуэле;
- на лиц, ответственных за серьёзные нарушения прав человека, препятствующих или ограничивающих право на свободу мирных собраний;
- а также на лиц, замешанных в коррупции государственного масштаба. Санкции распространяются на любое действующее или бывшее венесуэльское должностное лицо.

Рабочий на нефтяном месторождении
Боливар Костал, Венесуэла
Источник: pdvsa.com



По состоянию на январь 2021 г., Минфин США наложил финансовые санкции на 113 граждан Венесуэлы и, по меньшей мере, 8 юридических лиц. В перечень вошли президент страны Н. Мадуро, его супруга С. Флорес и сын Н. Мадуро Гуэрра, вице-президент Делси Родригес, глава социалистической партии Диосдадо Кабельо, 8 судей верховного суда страны, высшие чины армии, национальной гвардии, губернаторы, глава Центрального банка и министр иностранных дел. В мае 2019 г. американский Минфин снял аналогичные санкции с бывшего руководителя венесуэльской разведки генерала Мануэля Фигуэры, который объявил о разрыве с администрацией президента Мадуро.

По состоянию на май 2022 г. Министерство финансов США ввело санкции в общей сложности против 166 физических лиц, являющихся гражданами Венесуэлы либо имеющих связи с указанной страной

4. Дополнительные финансовые санкции. Дополнительные санкции финансового характера по обвинениям в нарушении прав человека и «антидемократических действиях» были введены против Венесуэлы в период нахождения у власти президента Д. Трампа. В августе 2017 г. Трамп подписал директиву 13808, запретившую венесуэльским властям доступ к финансовым рынкам США. Запрет распространялся и на нефтяную компанию PdVSA. Директива при этом содержала и небольшое число исключений, призванных смягчить последствия указанных ограничений для венесуэльского населения и «интересов США». Далее, в марте 2018 г. президент Трамп подписал директиву 13827, направленную на срыв намерений венесуэльских властей начать выпуск цифрового платёжного средства. Наконец, в мае 2018 г. увидел свет ещё один документ такого рода: директива 13835 воспрещала сделки по приобретению венесуэльских долговых обязательств.

5. Секторальные санкции. В ноябре 2018 г. президент Д. Трамп подписал дирек-

тиву 13850, направленную на ограничение деятельности в финансовой сфере ряда физических и юридических лиц. Перечень этих лиц был составлен Минфином США. По утверждению американских властей, указанные лица действовали в интересах правительства Венесуэлы. Согласно директиве 13850, попавшим в санкционный список лицам запрещалось проводить определённые сделки, а их активы в американской юрисдикции блокировались. Список включал 26 лиц, обвинённых Минфином США в валютных махинациях на сотни миллионов долларов и в содействии венесуэльской нефтяной компании PdVSA в обходе американских санкций. Руководствуясь директивой 13850, Минфин США включил компанию PdVSA в указанный санкционный список. Соответственно, было объявлено о намерении заблокировать всё находившееся в американской юрисдикции имущество и все активы венесуэльской нефтяной компании. При этом американским физическим и юридическим лицам было запрещено вступать в деловые отношения с PdVSA.

В рамках санкционных послаблений американское ведомство по контролю за иностранными активами (англ. – Treasury's Office of Foreign Assets Control, сокр. OFAC), являющееся структурным подразделением Минфина США, в рамках своей компетенции выдавало разрешения на осуществление ряда разовых операций и определённых видов деятельности, связанных с венесуэльской PdVSA и её расположенными в США подразделениями [12]. В частности, OFAC сначала дало согласие на проведение операций с американскими дочерними фирмами компании PdVSA – PDV Holding, Inc. (PDVH) и CITGO Holding, Inc. – на срок до июля 2019 г. включитель-

Успехом американские санкции не увенчались: президент Мадуро продолжает оставаться на посту, а экономика Венесуэлы по итогам I полугодия 2022 г. показала пусть незначительный, но прирост



Битумная нефть в Венесуэле
Источник: zefirka.net

но. Затем данное разрешение было продлено по февраль 2021 г. В рамках упомянутого разрешения OFAC наделило PDVH, CITGO и другие расположенные в США компании правом импортировать добытую PdVSA нефть. При этом оплата за поставленную нефть должна была осуществляться на специальный заблокированный счёт в американском банковском учреждении. Изначально OFAC дало разрешение всем работающим в Венесуэле американским компаниям (включая Chevron) на взаимодействие с PdVSA в любом формате по июль 2019 г.

После истечения указанного срока условия разрешения были изменены: новое разрешение включало полномочия лишь на проведение технологически необходимых для производственной деятельности операций и действовало до 1 июня 2022 г.

В 2019 г. Минфин США ввел санкции против российского банка «Еврофинанс Моснарбанк»², обвинив последний в со-

² В 2009 г. Россия и Венесуэла подписали соглашение об учреждении российско-венесуэльского банка на базе «Еврофинанс Моснарбанка» для финансирования совместных проектов. В 2011 г. предшественник Мадуро Уго Чавес купил 49 % акций российского банка через Венесуэльский национальный фонд развития (Fondo De Desarrollo Nacional Fonden SA., FONDEN). На тот момент Газпромбанк и ВТБ владели равными 25 %-ми долями «Еврофинанс Моснарбанка». По состоянию на март 2019 г. 50 % минус 2 акции Eurofinance Mosnarbank принадлежало FONDEN, по 25 % плюс 1 акция – ВТБ и Газпромбанку. По итогам 2018 г. банк занимал 78-е место по размеру активов в рейтинге «Интерфакс-100». На 1 января 2019 г. «Еврофинанс Моснарбанк», согласно данным рейтинга РИА Новости, занимал 81-е место в российской банковской системе с активами в 71,2 миллиарда рублей [13, 14].

действию PdVSA в организации перевода в Венесуэлу валютной выручки от продажи нефти. Американский Минфин также наложил ограничения на венесуэльскую государственную золотодобывающую компанию Minervep, обвинив её в «незаконных» сделках по реализации золота, выручка от которых использовалась для упрочения положения правительства Мадуро. В том же 2019 г. Минфин США ввёл санкции против Центрального банка и нескольких судоходных компаний Венесуэлы за организацию поставок венесуэльской нефти на Кубу.

В 2020 г. американский Минфин инициировал новую санкционную атаку против физических и юридических лиц, а также судоходных компаний за транспортировку венесуэльской нефти в обход санкций США. В частности, санкции были введены в отношении двух дочерних фирм российской компании «Роснефть» и четырёх иностранных судоходных компаний. В июне 2020 г. и в январе 2021 г. Минфин США также налагал ограничения в отношении физических и юридических лиц и даже отдельных морских судов за несоблюдение американских санкций.

6. Санкции в отношении правительства Венесуэлы. В августе 2019 г. президент США Д. Трамп подписал директиву 13884, во исполнение которой подлежали блокировке собственность и иные активы венесуэльского правительства на территории США и «в пределах контроля американских

Дельта реки Ориноко

Источник: vsegda-pomnim.com



Задетствованный в отношении Венесуэлы санкционный механизм представляет собой стандартный набор ограничений, которые США уже в течение десятилетий вводят против неугодных правительств

лиц». Указанная директива воспрещала американским лицам осуществлять сделки с правительством Н. Мадуро; исключения допускались лишь с санкции OFAC. Директива 13884 являет собой типичный пример практикуемых с относительно недавних пор попыток властей США распространять действие американских правовых норм за пределы американской юрисдикции. Стандартным образцом такого экстерриториального подхода служат содержащиеся в директиве 13884 нормы о введении финансовых и визовых санкций в отношении неамериканских лиц, оказывающих поддержку правительству Мадуро. По мнению американских чиновников, данные нормы применимы, к примеру, в отношении иностранных энергетических компаний, сотрудничающих с венесуэльской. Во исполнение требований директивы 13884

уже были введены ограничения против пяти физических лиц и нескольких морских и воздушных судов. И, напротив, под предлогом помощи смягчению тяжёлого экономического положения венесуэльского населения, OFAC с момента вступления в силу директивы 13884 в силу выдал ряд лицензий на осуществление с Венесуэлой сделок по поставкам продовольствия, товаров сельскохозяйственного назначения и медикаментов. Были также сделаны послабления в отношении осуществления индивидуальных денежных переводов, предоставления услуг связи и деятельности ряда международных организаций.



Продажа бензина в Венесуэле по регулируемым ценам
Источник: nbcnews.com

Политика США в отношении Венесуэлы на текущий момент

В настоящее время США не оставляют попыток отстранить от власти в Венесуэле правительство Н. Мадуро. В марте 2019 г. американский конгресс принял законопроект VERDAD (Venezuela Emergency Relief, Democracy Assistance and Development Act), направленный на дальнейший подрыв позиций правительства Венесуэлы. Закон Verdad систематизировал ряд уже действовавших к моменту его разработки ограничений в отношении венесуэльского государственного долга, золотодобычи и операций с криптовалютами. Кроме пере-

численных, Verdad предусмотрел и новые ограничения – такие, как визовые санкции в отношении лиц, которых США считают действующими от имени России и при этом направленными на содействие венесуэльским органам правопорядка [15]. В декабре 2019 г. Конгресс США ввёл в действие закон о государственном бюджете на 2020 г. (англ. – P.L. 116–94), в который вошли некоторые нормы VERDAD [16]. Закон P. L. 116–94 установил срок действия ограничительных мер в отношении Венесуэлы по 2023 г. включительно.

Несмотря на принятие новых ограничений, в настоящий момент среди американских политиков ширятся разногласия по поводу эффективности санкционного механизма. Существенная часть членов конгресса по-прежнему выступает за жёсткий подход в отношении правительства Мадуро. Другая часть ратует за придание санкциям более целевого характера с учётом тяжёлого материального положения большей части населения Венесуэлы. С недавних пор некоторые конгрессмены стали продвигать идею частичной нормализации отношений с правительством Мадуро. Причиной такого подхода стал рост мировых цен на ископаемые углеводороды из-за антиросийских санкций, что отразилось и на внутреннем рынке США³.

В июне 2022 г. Госдепартамент США уведомил нефтегазовые концерны Eni (Италия) и Repsol (Испания) о приостановке в их отношении ограничений на импорт нефти из Венесуэлы. Указанный шаг Госдепартамента пришёлся на момент, когда руководство Европейского союза объявило о взятии курса на снижение поставок российской нефти. Госдепартамент обусловил возобновление импорта венесуэльской нефти несколькими оговорками. В частности, уточнялось, что операции по ввозу нефти могут проводиться в обмен на непогашенные венесуэльские долговые обязательства и использоваться для зачёта несостоявшихся выплат по дивидендам. При этом венесуэльская нефть должна поступать только в Европу без возможности перепродажи в другие регионы мира.

В июле 2022 г. испанский нефтегазовый концерн Repsol после двухлетнего перерыва возобновил импорт венесуэльской нефти в обмен на долговые обязательства страны.

³ По данным портала TRADING ECONOMICS, цены на бензин на внутреннем рынке США выросли с 0,84 долл./литр в сентябре 2021 г., до 1,3 долл./литр в июне 2022 г. [17].

С недавних пор некоторые конгрессмены стали продвигать идею частичной нормализации отношений с правительством Мадуро из-за роста мировых цен на углеводороды на фоне антиросийских санкций

В общей сложности Repsol импортировал за месяц около 3 млн барр. сырой венесуэльской нефти. Концерн Repsol прекратил закупку венесуэльской нефти в сентябре 2020 г. с целью избежать попадания под действие американского санкционного механизма. До этого Repsol импортировал из Венесуэлы 83 тыс. барр. ежесуточно [11]. Перечисленные факты свидетельствуют о негласном смягчении подхода американских властей к правительству Венесуэлы при формальном сохранении санкционного механизма в неизменном виде.

Как видно из изложенного, ограничения в отношении нефтедобывающего сектора являются составной частью всеобъемлющего санкционного механизма, задействованного США с целью побудить правительство Венесуэлы изменить проводимую им политику. Как и в случае с другими государствами с развитым нефтегазовым сектором, США активно используют нефтяные санкции для нанесения максимально возможного ущерба национальным экономикам с целью подорвать внутри- и внешнеполитические позиции неугодных им правительств. Тем не менее, пример Венесуэлы демонстрирует, что американские санкции хоть и серьёзно ухудшают экономическую ситуацию и материальное положение населения в подсанкционных странах, но всё же неспособны достичь главной цели вводимых США ограничений – повлиять в целом на политический курс и, по возможности, способствовать приходу к власти проамериканских сил в этих странах. Более того, последовательное и длительное сопротивление американским ограничениям способно в конечном итоге убедить США в бесперспективности санкционного давления даже на относительно небольшие по глобальным меркам национальные экономики.

Использованные источники

1. Venezuela: Overview of US Sanctions / Congressional Research Service. Updated May 23, 2022. – URL: <https://crsreports.congress.gov>
2. Venezuela Economic Outlook / Holland & Knight, 2022. – URL: <https://www.hklaw.com/en/general-pages/venezuela-focus-team/venezuela-updates>
3. Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. – URL: <https://www.bp.com> (Full report – Statistical Review of World Energy 2021).
4. Exclusive: Chevron set to trade Venezuelan oil if U.S. relaxes sanctions, sources say. – URL: <https://www.reuters.com/business/energy/exclusive-chevron-set-trade-venezuelan-oil-if-us-relaxes-sanctions-sources-2022-03-14/>
5. U.S. Energy Information Administration. Short-term Energy Outlook, March 2022.
6. Palacios L., Monaldi F. Venezuela Oil Sanctions: Not an Easy Fix / Columbia SIPA, Center on Global Energy Policy. – URL: <https://www.energypolicy.columbia.edu/research/commentary/venezuela-oil-sanctions-not-easy-fix>
7. BP Statistical Review of World Energy 2022. 71st edition. – URL: <https://www.bp.com> (Statistical Review of World Energy 2022).
8. Динамика цены нефти WTI за 2022 год. Калькулятор онлайн, конвертер. – URL: <https://www.calc.ru/dinamika-Wti.html?date=2022>
9. US Delegation travels to Venezuela to Explore Easing Sanctions. – URL: <https://www.voanews.com/a/us-delegation-travels-to-venezuela-to-explore-easing-sanctions/6474009.html>
10. U.S. renews Chevron's Venezuela license through November under same restrictions. – URL: <https://www.reuters.com/business/energy/us-renews-chevrons-venezuela-license-through-nov-under-same-restrictions-2022-05-27/>
11. Венесуэла возобновила поставки нефти в Испанию. – URL: <https://ria.ru/20220729/neft-1805985078.html>
12. Venezuela-related sanctions / U.S. Department of the Treasury - URL: <https://home.treasury.gov/policy-issues/financial-sanctions/sanctions-programs-and-country-information/venezuela-related-sanctions>
13. Вашингтон ввел санкции против российско-венесуэльского банка. – URL: <https://ria.ru/20190311/1551700505.html?ysclid=16uomc1p3c9832720>
14. США ввели санкции против российского банка из-за Венесуэлы // Ведомости, 1 марта 2019. – URL: <https://www.vedomosti.ru/finance/news/2019/03/11/796099-ofac?ysclid=16uou0r38a576204201>
15. S.1025 – VERDAD Act of 2019. – URL: <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/1025>
16. Public Law 116-94-DEC. 20, 2019 / Authenticated U.S. Government Information. – URL: <https://www.congress.gov/116/plaws/publ94/PLAW-116publ94.pdf>
17. Соединённые Штаты – цены на бензин / Trading Economics. – URL: <https://ru.tradingeconomics.com/united-states/gasoline-prices>

Перспективы развития гибридных источников автономного энергоснабжения

Assessment of the prospects for the development of hybrid sources of autonomous power supply

Ольга АФАНАСЬЕВА
Ведущий специалист ИЦ «ЦКЭ», доцент
ВШАИТЭ Института энергетики ФГАОУ ВО
«Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого», к. т. н.
e-mail: eccolga@mail.ru

Гузель МИНГАЛЕЕВА
Заведующая кафедрой «Энергетическое
машиностроение» ФГБОУ ВО «Казанский
государственный энергетический
университет», д. т. н., доцент
e-mail: mingaleeva_gr@mail.ru

Мадина НАБИУЛЛИНА
Инженер УНИР ФГБОУ ВО «Казанский
государственный энергетический
университет»
e-mail: madinanabiullina@yandex.ru

Olga AFANASYEVA
Leading Specialist of the Research Center «CEC»,
Associate Professor of the Higher School of Economics
and Economics of the Institute of Energy of the Federal
State Autonomous Educational Institution of Higher
Education «Peter the Great St. Petersburg Polytechnic
University», Ph.D.
e-mail: eccolga@mail.ru

Guzel MINGALEEVA
Head of the Department of Power Engineering, Kazan
State Power Engineering University, Doctor of Technical
Sciences, Associate Professor
e-mail: mingaleeva_gr@mail.ru

Madina NABIULLINA
Engineer, UNIR,
Kazan State Power Engineering University
e-mail: madinanabiullina@yandex.ru

Аннотация. В работе на примере Северо-Западного федерального округа, как одного из ведущих в экономическом аспекте и разнообразных по доступности природных ресурсов, проведена оценка потенциала использования гибридных станций для обеспечения автономного энергоснабжения потребителей. В качестве традиционных ресурсов для использования на малых энергетических объектах в округе рассмотрены уголь, торф, природный газ, мазут и сланцы, возобновляемых – биомасса растительного происхождения, солнечная энергия и энергия ветра. Составлены карты по доступности источников энергии и определены регионы с наличием возможности по гибриднему использованию данных энергоресурсов.

Ключевые слова: автономное энергоснабжение, топливно-энергетический комплекс, гибридные станции, органическое топливо, возобновляемые источники энергии.

Abstract. In current work the assessment of the potential for using hybrid stations to provide autonomous energy supply to consumers was carried out on the example of the North-Western Federal District, as one of the leading in the economic aspect and diverse in terms of the availability of natural resources. Coal, peat, natural gas, fuel oil, and oil shale are considered as traditional resources for use in small energy objects in the county, renewable resources include plant biomass, solar energy, and wind energy. Maps were made of the availability of traditional and renewable energy sources and regions with the possibility of hybrid use of these resources were identified.
Keywords: autonomous power supply, fuel and energy complex, hybrid stations, organic fuel, renewable energy sources.



Печорский угольный бассейн содержит всю гамму углей для работы и активного развития сырьевой базы коксохимии и энергетики

Введение

В настоящее время энергетический рынок переживает переходный период. На этом фоне одним из основных вызовов становится обеспечение доступности и надежности энергетических ресурсов. При этом все чаще на первый план выходит понятие «безуглеродная» энергетика как ключевой элемент в обеспечении экологической безопасности любой страны.

Для достижения конкурентоспособности традиционных энергоресурсов (преимущественно угля, торфа, нефти) необходимо внедрение технологий, как переработки топлива, так и очистки образующихся выбросов, сокращающих до минимальных значений поступления вредных веществ в атмосферу. Возобновляемые же ресурсы, обладающие наилучшими экологическими показателями, в свою очередь, зависят от интенсивности работы природных ресурсов (яркости солнца, силы ветра и т. д.) и привязаны территориально к источникам их образования, что накладывает ряд ограничений на их применение.

В этой связи одним из возможных перспективных направлений может стать интеграция при использовании традиционных и возобновляемых источников энергии. Неоспоримым является тот факт, что изменения повлекут за собой трансформацию энергетической системы и поставят вопрос об обеспечении национальной энергетической безопасности страны.

Термин «гибридизация» в последнее время стал широко применяться в отношении энергетических систем. Так, гибридные возобновляемые энергетические системы представляют собой сочетание (комбинацию) возобновляемого и традиционного источника энергии, нескольких возобновляемых ресурсов и традиционных источников либо без них.



Добыча торфа

Источник: new-variant.ru

Одной из особенностей данных энергетических систем является объединение двух или более технологий производства возобновляемой энергии для повышения ее эффективности. Данные системы могут устранять ограничения с точки зрения гибкости в использовании топлива, эффективности, надежности, выбросов в окружающую среду и стоимости производимой энергии [1].

Понимая масштабы и сроки внедрения технологий, их адаптацию под существующие энергетические системы, более «безболезненно» отладить данный процесс на малых энергетических объектах. Тем более, что гибридизация использования традиционных и возобновляемых источников энергии является оптимальной для применения именно на объектах малой мощности.

Так, возможность комбинированного использования традиционных и возобновляемых ресурсов на энергетических объектах рассмотрена в работах российских и зарубежных авторов [2–8]. В предложенных авторами системах использование традиционного топлива в большинстве случаев предполагает не прямое его сжигание, а получение генераторного газа с последующим сжиганием в газотурбинной, дизель-генераторной установке либо в твердооксидном топливном элементе. Комбинация ВИЭ состоит из ветровых, солнечных и гидроэнергетических установок. Зачастую данные системы дополняются

накопителями тепловой и электрической энергии.

В рамках предлагаемого исследования на примере Северо-Западного федерального округа авторами проведена оценка потенциала развития гибридных систем автономного энергоснабжения с учетом наличия местного традиционного топлива и доступности возобновляемых источников энергии.

В качестве традиционного местного топлива для Северо-Западного округа рассмотрены уголь, торф, природный газ и мазут, сланцы, для оценки возможности использования возобновляемых источников энергии проанализирована солнечная и ветровая энергия, а также энергия биомассы растительного происхождения.

Важно отметить, что аналогичная оценка может быть проведена и для других ре-

Доля запасов горючих сланцев в Северо-западном округе составляет 43,9% от общероссийских. Однако использование торфа в топливно-энергетическом комплексе региона крайне низкое

Интересным биоресурсом растительного происхождения является жмых. На долю Северо-Западного федерального округа приходится порядка 28% от производства жмыха и твердых остатков в России

гионов нашей страны, использована при выстраивании энергетической политики и стратегии отдельных субъектов, а также в масштабе всей страны.

Оценка ресурсной базы Северо-Западного федерального округа

Северо-Западный федеральный округ представляет собой крупный промышленный субъект Российской Федерации, обладающий значительными запасами минерально-сырьевой базы [9, 10].

В объединенную энергетическую систему Северо-Западного федерального округа входят 8 региональных энергетических систем: Архангельская, Калининградская, Карельская, Мурманская, Ленинградская,

Новгородская, Псковская и республики Коми. При этом Ленинградская энергосистема объединяет г. Санкт-Петербург и Ленинградскую область, Архангельская – Архангельскую область и Ненецкий автономный округ. Также за электроснабжение ряда потребителей Северо-Западного федерального округа отвечает Вологодская энергосистема, входящая в объединенную энергетическую систему Центрального федерального округа.

Вместе с тем, в электроэнергетике Северо-Западного округа существует ряд проблем, несомненно, характерных также для многих регионов нашей страны. Основными из них являются [11]:

- моральное и физическое старение генерирующих мощностей электрических сетей;
- низкая пропускная способность электрической сети на основных транзитных маршрутах. Это, в свою очередь, приводит к снижению надежности электроснабжения потребителей, и, соответственно, понижению выдачи мощности и недоиспользованию мощностей электростанций.

Что касается состояния системы теплоснабжения в Северо-Западном федеральном округе, то здесь на первый план выходят проблемы, связанные с [11]:

- моральным и физическим износом оборудования и сопутствующее ему повышение частоты аварийных ситуаций;

МЛСП «Приразломная»

Источник: «Газпром нефть»



- низкой эффективностью использования топлива, преимущественно угля и мазута;
- наибольшей зависимостью от использования мазута из всех регионов нашей страны, а в Мурманской области она наиболее высокая в округе;
- недостаточным уровнем, а по ряду вопросов и отсутствием проработанной нормативно-технической базы, которая регулирует создание энергетических объектов, работающих на возобновляемых источниках энергии;

дит в тройку по запасам каменного угля и в силу своего географического расположения и ресурсных преимуществ обладает значительным потенциалом как для использования в округе, так и для соседних областей. Печорский угольный бассейн содержит всю гамму углей, обеспечивающих возможность существования и развития сырьевой базы коксохимии и энергетики.

Государственным балансом запасов учтено 11 месторождений в Печорском угольном бассейне. Вместе с тем Печорский бассейн характеризуется малой освоенностью запасов угля промышленностью, в связи с чем, добыча угля в Республике

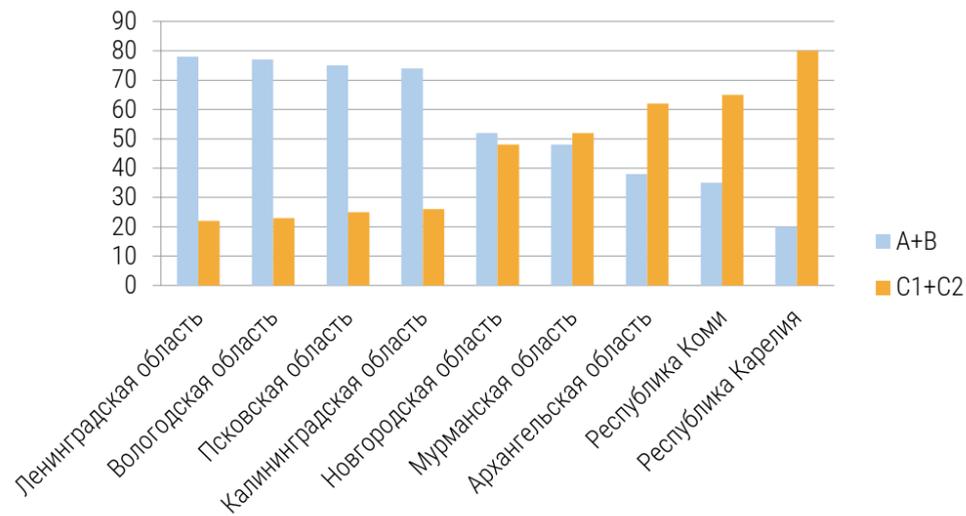


Рис. 1. Запасы торфа по областям Северо-Западного федерального округа

- низкой заинтересованностью в использовании местного топлива в энергетическом балансе региона (например, биомасса, торф).

В таблице 1 выделены основные направления в развитии топливно-энергетического комплекса, а также малой энергетики Северо-Западного федерального округа, что находит отражение в ряде официальных документов [11, 12].

Анализ оценки доступности традиционного топлива, как отмечалось ранее, проведем на примере угля, торфа, сланцев, природного газа и мазута.

Уголь. На территории Республики Коми и Ненецкого автономного округа, входящих в состав Северо-Западного федерального округа, расположен Печорский угольный бассейн, который в нашей стране вхо-

Коми в настоящее время ведется только АО «Воркутауголь». Увеличению степени освоения бассейна препятствуют сложные географические и горно-геологические условия (значительная часть бассейна находится севернее полярного круга), а также характеристика и показатели самих месторождений (повышенное содержание метана, наличие ложных кровли и почвы, зависающей основной кровли, повышенное содержание кремнезема в углевмещающих породах и др.).

Согласно [13], в настоящее время балансовые запасы угля категории A+B+C₁ Северо-Западного федерального округа составляют 6838 млн т, категории C₂ – 485 млн т, забалансовые запасы – 5952 млн т. Основные запасы угля категории A+B+C₁, которые сосредоточены на территории

Область	Направления развития
Топливо-энергетический комплекс	Повышение степени обеспечения энергетической безопасности вследствие диверсификации структуры топливно-энергетического баланса и развития нетопливной, безуглеродной энергетики
	Снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду
	Вовлечение в топливно-энергетический баланс дополнительных местных топливно-энергетических ресурсов
Малая энергетика: возобновляемые источники энергии, местное топливо	Развитие энергодоступности и энергообеспеченности в ресурсах потребителей, не затронутых централизованным энергоснабжением
	Строительство новых теплоэлектроцентралей, имеющих в составе парогазовые и газотурбинные установки в районах, испытывающих дефицит электрической мощности
	Формирование эффективной стратегии и программ в области развития возобновляемой и малой энергетики в округе
	Развитие малой энергетики в округе с преимущественным использованием местных традиционных и возобновляемых источников энергии
	Расширение использования биомассы в районах с развитой лесной и деревообрабатывающей промышленностью
	Интенсификация строительства приливных и ветроэнергетических станций в тех районах, где это экономически эффективно и обоснованно
	Развитие гидроэнергетики на территории Вологодской, Ленинградской, Мурманской, Новгородской, Псковской областей, Республики Карелия и Республики Коми

Таблица 1. Основные направления развития энергетики Северо-Западного федерального округа

Республики Коми, составляют 98,3 %. Более подробная информация по доступности и добыче угольного топлива по месторождениям приведена в таблице 2 [13].

Несмотря на малую изученность запасов Печорского бассейна, угольное топливо представляет собой крупную перспективную базу для развития энергетики европейской части страны и Урала. В настоящее время углем с месторождений Печорского бассейна снабжаются северные и северо-западные районы страны и в меньшей мере центральный район и Урал.

Торф и сланцы. В округе сосредоточены большие запасы торфа и горючих сланцев.

По запасам торфа на территории Северо-Западного федерального округа учтено 5778 месторождений. По данным [13], запасы по категориям A+B+C₁ составляют 6,4 млн т, кат. C₂ – 1,3 млн т, добыча – 464 тыс. т (28,6 % от добычи РФ).

Распределение запасов торфа по субъектам Северо-Западного федерального округа изображено на рис. 1 [14].

По запасам торфа (A+B) в округе можно выделить Ленинградскую, Вологодскую, Калининградскую, Псковскую и Новгородскую области, однако, на большинстве месторождений в настоящее время добыча торфа ведется в ограниченных объемах.

Доля запасов горючих сланцев составляет 43,9 % от общероссийских. При этом основные крупные запасы горючего сланца сосредоточены в Тимано-Печорском и Прибалтийском сланцевых бассейнах, расположенных на территории Республики Коми и на западе Ленинградской области. Стоит отметить низкую долю использования и вовлечения торфа в топливно-энергетический комплекс региона, что, несомненно, требует комплексных решений.

Сводная информация по запасам сланцев и торфа в округе представлена в таблице 3.

Природный газ. Согласно [11], на Северо-Западный федеральный округ приходится 10 % запасов газа, и это 2-е место по запасам в России. Основные месторождения

Таблица 2. Балансовые запасы и добыча угольного топлива по месторождениям

Месторождение	Балансовые запасы (по данным на 01.01.2021 г.), тыс. тонн		Забалансовые запасы	Добыча за 2020 г.	Недропользователь
	A+B+C ₁	C ₂			
Воркутское	752 520	-	2 242 454	3155	АО «Воркутауголь»
Усинское	1 431 556	-	467263	-	АО «Воркутауголь»
Воргашорское	1 505 243	172 820	2 399 731	3363	АО «Воркутауголь»

Вид полезного ископаемого	Запасы А+В+С ₁ , млн т	% от запасов РФ	Изменение запасов за предыдущий год	Добыча за предыдущий год	% от добычи по РФ
Сланцы горючие	1 073 570	43,9	-	-	-
Торф	6 418 328	34,4	-	0,464	28,6

Таблица 3. Балансовые запасы и добыча торфа и сланцев в Северо-Западном округе

природного газа сосредоточены в Тимано-Печорской, Баренцево-Карской провинциях и на шельфе Баренцева моря. В Ненецком автономном округе сконцентрировано 9 % запасов (11 месторождений, из них 6 разрабатываемых и 5 разведываемых, в Республике Коми – 4 % (по состоянию на 2021 год учтено 24 месторождения свободного газа, из них 14 разрабатываемых и 10 разведываемых) и на шельфе Печорского моря – 1 %. Остальные 86 % приходятся на шельф Баренцева моря, где запасы газа сосредоточены на 4 месторождениях, включая 3 крупных и одно уникальное морское месторождение – Штокмановское, при этом на него приходится 72 % запасов.

Мазут. На территории Северо-Западного округа действуют 2 крупных нефтеперерабатывающих завода в Ленинградской области и Республике Коми, при этом практически весь мазут направляется на экспорт.

Основная доля нефтепродуктов поступает в округ с нефтеперерабатывающих производств, находящихся в центральной части страны, что, несомненно, приводит к энергезависимости округа. Наибольшая зависимость по мазуту наблюдается для Мурманской, Архангельской областей и Республики Карелия, куда мазут ежегодно доставляется для обеспечения энергоснабжения.

По данным на конец 2021 года запасы нефти на территории Северо-Западного федерального округа составили 1317,6 млн т, что составляет 7,05 % от общероссийских. Запасы свободного газа и конденсата – 650,6 млрд кубометров (1,33 % от общероссийских) и 44,7 млн т (1,92 %). В 2019 году в округе добыто 27,6 млн т нефти (5,27 % от добычи по России), 2,2 млрд кубометров свободного газа (0,32 % от добычи по России) и 0,08 млн т конденсата (0,31 % от добычи по России) [12]. Добыча данных

Штокмановское ГКМ

Источник: белфракт.рф



Завоз угля по реке Печора

Источник: elevel.ru

природных ресурсов преимущественно ведется в Ненецком автономном округе, Республике Коми (Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция), а также в небольших объемах – в Калининградской области (самостоятельная Балтийская нефтеносная область).

Оценку по доступности возобновляемых источников энергии на территории Северо-Западного округа проведем на примере биомассы, энергии ветра и солнца.

Биомасса. Биомасса, обладающая особым потенциалом для использования, в Северо-Западном федеральном округе представлена энергией растительного происхождения (отходы лесоперерабатывающей и деревообрабатывающей отраслей промышленности), а также другими отходами органического происхождения (таблица 4). Наибольшим энергетическим

потенциалом в силу высокого уровня развития отраслей лесного хозяйства в регионе обладает именно древесное топливо [15].

Другой интересный биоресурс растительного происхождения в рассматриваемом округе – жмых. Так, на долю Северо-Западного федерального округа приходится порядка 28 % от производства жмыха и прочих твердых остатков в России. На территории Калининградской области располагается единственный в стране рапсовый завод по производству жмыха (негранулированный и гранулированный). Применяемый на заводе метод прямого отжима позволяет осуществлять процесс производства без применения химических растворителей и по итогу получить рапсовый жмых с высоким остатком сырого масла. Основная часть рапсового масла (95 %), произведенного на предприятии,

Таблица 4. Распределение запасов биомассы по регионам в Северо-Западном федеральном округе [16]

Регион	Лесная биомасса, млн т у. т.	Отходы деревопереработки, тыс. т у. т./год	Отходы агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства, тыс. т у. т./год
Республика Карелия	4,5	517	113,6
Республика Коми	15,9	445	167,8
Архангельская область и Ненецкий АО	11,3	1263,5	239,3
Вологодская область	7,5	273,5	456,5
Калининградская область	0,1	10,5	353,1
Ленинградская область и Санкт-Петербург	3,9	333,5	551,9
Мурманская область	0,4	27,5	92,9
Новгородская область	1,8	102	170,3
Псковская область	0,9	24	298,8

экспортировалась за пределы страны на заводы по производству биодизельного топлива, оставшиеся 5 % использовались на внутреннем рынке, а также направлялись на нужды предприятия.

Еще одним перспективным направлением в развитии использования биомассы может стать такой экологически чистый источник энергии, как солома. Солома представляет собой углеродно-нейтральное топливо, так как при ее сжигании выделяется то же количество углекислого газа, которое было поглощено из атмосферы. Для примера, в зернопроизводящих странах, таких как Дания, отопление жилого сектора соломой получило широкое распространение [17]. Важно отметить тот факт, что при использовании многотопливных котлов возможно проводить взаимозаменяемость по топливу и при необходимости работать помимо соломы на других видах топлива, таких как древесные отходы, торфяные брикеты и т. д., что является одним из конкурентных преимуществ технологий малой распределенной энергетики.

Солнечная энергия. Солнечное излучение имеет переменный характер вне зависимости от региона, в связи с чем сделать прогноз о климатических условиях в перспективе представляется непростой задачей. Местоположение объектов солнечных станций определяется следующими факторами: климатическими условиями, широтой, на которой будет располагаться станция, а также профилем солнечного цикла.

Проанализировав карты солнечной радиации нашей страны, можно сделать вывод, что для Санкт-Петербурга и Ленинградской области значение солнечной инсоляции достигает $4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, наименьшее значение в округе – менее $3 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ определено для Калининградской и Мурманской областей, для остальных районов значение уровня солнечной инсоляции лежит в диапазоне от $3,5\text{--}4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Продолжительность солнечного сияния для всего округа в среднем составляет 1700 часов/год.

Таким образом, наиболее перспективной по солнечной энергетике является Ленинградская область, в связи с чем по данному региону в работе [17] представлен более детальный анализ.

Ветроэнергетика. Наибольшим потенциалом по возможностям ветровой

энергетики в Северо-Западном округе обладают преимущественно Ленинградская, Мурманская и Архангельская области. Самые продолжительные и сильные ветра в Ленинградской области отмечены вдоль Финского залива (г. Ломоносов, г. Сестрорецк, г. Приморск, поселок Усть-Луга и др.) и Ладожского озера (вблизи г. Петрокрепость, поселка Новая Ладога, Свирица и др.). В данных областях среднегодовая скорость ветра достигает от 6 до 8 м/с на высоте 10 м над водной поверхностью, в прибрежных зонах на открытых пространствах она составляет от 5 до 7 м/с на аналогичной высоте при необходимых для устройства ветряков 4 м/с. С учетом данных особенностей ветроэнергетический потенциал в названных районах можно оценить от 2000 до 4000 кВт·ч/м² в год [19].

Ушаковская ВЭС
Источник: КГК



Регион	Среднегодовая скорость ветра (на высоте 10 м)	Средняя максимальная скорость ветра, м/с
Республика Карелия	2,5	24,25
Республика Коми	2,69	21,96
Архангельская область	2,53	22,5
Ненецкий АО	4,76	28,8
Вологодская область	2,32	22,6
Калининградская область	2,7	27,17
Ленинградская область и Санкт-Петербург	2,31	23
Мурманская область	3,19	25,47
Новгородская область	2,09	21,63
Псковская область	2,18	22,33

Таблица 5. Значения скорости ветра для Северо-Западного федерального округа

В таблице 5 сведены значения среднегодовой скорости ветра на высоте 10 м и средней максимальной скорости ветра для округа, представленные в [20].

Стоит упомянуть также и перспективы развития гидроэнергетики в Северо-Западном федеральном округе, и наиболее актуально это направление представляется для таких областей, как республика Карелия, Псковская, Новгородская и Ленинградская области, где имеется целая сеть построенных ранее гидроэлектростанций малой мощности, находящихся сейчас в заброшенном состоянии. Также потенциал по гидроэнергетике имеется в Республике Коми, Мурманской и Вологодской областях.

Определение возможности гибридного использования энергетических ресурсов

Проанализировав доступность традиционных ресурсов и возможности по возобновляемым источникам энергии в Северо-Западном федеральном округе, авторами составлены карты по распределению данных энергоресурсов, а также определены области с возможным гибридным использованием ресурсов для последующей выработки энергии (рис. 2, 3).

Информация по районам, где использование гибридных станций представляется возможным при наличии необходимости в выработке тепловой и электрической энергии, сведена в таблицу 6.

Таблица 6. Перспективы гибридных станций в областях Северо-Западного федерального округа

* – традиционное топливо учтено, только если оно является местным для данной области

Регион	Наличие традиционного* и возобновляемого источника энергии	
Ленинградская область	Традиционный	Торф, сланцы, мазут
	Возобновляемый	Ветер, солнце, биоресурсы, гидроресурсы
Республика Коми	Традиционный	Уголь, торф, сланцы, мазут, природный газ
	Возобновляемый	Биоресурсы, ветер, гидроресурсы
Архангельская область	Традиционный	Торф
	Возобновляемый	Биоресурсы, ветер
Ненецкий АО	Традиционный	Уголь, природный газ
	Возобновляемый	Биоресурсы, ветер
Вологодская область	Традиционный	Торф
	Возобновляемый	Биоресурсы, гидроресурсы
Калининградская область	Традиционный	Торф
	Возобновляемый	Биоресурсы, ветер
Республика Карелия	Традиционный	Торф
	Возобновляемый	Биоресурсы, гидроресурсы, ветер
Мурманская область	Традиционный	Торф, природный газ
	Возобновляемый	Ветер, гидроресурсы
Новгородская область	Традиционный	Торф
	Возобновляемый	Биоресурсы, гидроресурсы
Псковская область	Традиционный	Торф
	Возобновляемый	Биоресурсы, гидроресурсы



Рис. 2. Запасы местного традиционного топлива в Северо-Западном федеральном округе

Анализируя данные, представленные в таблице, возможность гибридного использования энергетических ресурсов характерна, но в разной степени для всех областей Северо-Западного федерального округа. Преимущественно данные технологии могут быть востребованы в Ленинградской области, Республике Коми, Ненецком АО, Республике Карелии, Мурманской области, где имеется база по местному органическому традиционному топливу и возобновляемым ресурсам. Конечно, местное традиционное топливо может быть доставлено в соседнюю область, однако в каждом конкретном случае необходимо определять целесообразность транспортировки ресурса и наличие инфраструктурных возможностей.

В продолжение данного исследования, с использованием методов системного анализа, авторами в последующих работах будет реализован инструмент, позволяющий производить оценку потенциала гибридного использования ресурсов с учетом транспортной составляющей и экологических показателей по традиционному топливу и наличию возобновляемых ресурсов. Из возобновляемых ресурсов упор будет сделан на ветровую, солнечную энергетику и активное использование биоресурсов растительного происхождения, так как данный вид энергоисточника представлен практически во всех областях округа, следовательно, имеет большие перспективы для использования.

Рис. 3. Потенциал возобновляемых источников энергии в Северо-Западном федеральном округе



Использованные источники

1. Dykes K., King J., DiOrio N., King R., Gevorgian V., Corbus D., Blair N., Anderson K., Stark G., Turchi C., Moriarty P. Opportunities for research and development of hybrid power plants // Technical report NREL/TP-5000-75026.-2020. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/75026.pdf> (дата обращения 27.06.2022).
2. Pirkandi J., Jahromi M., Sajadi S. Z., Ommian M. Thermodynamic performance analysis of three solid oxide fuel cell and gas microturbine hybrid systems for application in auxiliary power units // Clean Technologies and Environmental Policy. 2018. V.20. № 5. P. 1047–1060.
3. Nathan G. J., Jafarian M., Dally B. B., Saw W. L., Ashman P. J., Hu E., Steinfeld A. Solar thermal hybrids for combustion power plant: A growing opportunity // Progress in Energy and Combustion Science. 2018. V.64. P. 4–28.
4. Jin H. G., Hong H., Wang R. Hybridization with conventional fossil plants // Concentrating Solar Power Technology: Principles, Developments, and Applications, (2020). P. 443–475.
5. Величко В. В., Прохоров А. И. Автономные энергоустановки на местных видах горючих и возобновляемых источниках энергии, базирующиеся на адаптивном термодинамическом цикле и системе безнагнетательной циркуляции рабочего тела // Новосибирск. Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий», Институт теплофизики СО РАН, 24–26.03.2015. С. 271–279.
6. Давыдов Г. И. Гибридная энергетика в децентрализованной зоне // Colloquium-journal. 2019. № 26 (50). [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gibridnaya-energetika-v-detsentralizovannoy-zone> (дата обращения: 01.05.2022).
7. Швердиев Р. П., Тягунов М. Г. Гибридный энергокомплекс гарантированного энергоснабжения с водородным аккумулярованием энергии // Энергетика. Технологии будущего: Сборник докл. II науч.-техн. конф. студентов. – М.: Изд-во МЭИ, 2019. С. 18–19.
8. Mingaleeva G., Afanaseva O., Nguen D. T., Pham D. N., Zunino P. The Integration of Hybrid Mini Thermal Power Plants into the Energy Complex of the Republic of Vietnam. Energies 2020. 13, 5848.
9. Винокуров А. А. Северо-Западный федеральный округ: особенности и направления регионального развития // Региональная экономика: теория и практика. № 5, 2008. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/severo-zapadnyy-federalnyy-okrug-osobennosti-i-napravleniya-regionalnogo-razvitiya> (дата обращения: 27.06.2022).
10. Федоров М. П., Кривошеев М. В. Безуглеродная энергетика как возможное направление развития энергетики региона Санкт-Петербург – Ленинградская область // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. Т. 24. № 2, 2018. С. 10–21.
11. Стратегия социально-экономического развития Северо-Западного федерального округа на период до 2020 года. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902317621> (дата обращения 27.06.2022).
12. Стратегия социально-экономического развития Ленинградской области до 2030 года. [Электронный ресурс]. – URL: <https://econ.lenobl.ru/budget/planning/concept2030/> (дата обращения 27.06.2022).
13. Михайлов А. В., Иванов С. Л., Большунов А. В., Кремчев Э. А. Торфяные ресурсы Северо-Западного федерального округа России и перспективы их освоения // Записки Горного института. 2013. Т. 200. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/torfyanye-resursy-severo-zapadnogo-federalnogo-okruga-rossii-i-perspektivy-ih-osvoeniya> (дата обращения: 28.06.2022).
14. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Северо-Западного федерального округа на 15.12.2021 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.google.com/document/d/1wswwsTuh2-IMzq0LbPHS4Rn6CM18FdoRbsEuWyJtiq0/edit> (дата обращения 27.06.2022).
15. Любимов А. В., Селиванов А. А., Крючков А. Н., Кхумало Н. Н., Чан Хау Т., Саксонов С. В. Особенности использования древесного топлива в биоэнергетике Северо-Запада России // Известия Самарского научного центра РАН. № 2–1, 2018. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ispolzovaniya-drevesnogo-topliva-v-bioenergetike-severo-zapada-rossii> (дата обращения: 29.06.2022).
16. Биоэнергетика России в XXI веке. Российское энергетическое агентство. ФГБУ «РЭА» Минэнерго РФ. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.infobio.ru/sites/default/files/bioenergy.pdf> (дата обращения: 27.06.2022).
17. Сельскохозяйственное сжигание в России: регулирование, мониторинг и подходы к их сокращению. [Электронный ресурс]. – URL: https://network.bellona.org/content/uploads/sites/4/2017/03/S_X_FIRE_SITE-fin.pdf (дата обращения: 27.06.2022).
18. Пигольцина Г. Б. Ресурсы солнечной радиации Ленинградской области // Общество. Среда. Развитие (TerraHumana). № 2, 2009. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/resursy-solnechnoy-radiatsii-leningradskoy-oblasti> (дата обращения: 29.06.2022).
19. Епова Е. И. Создание геоинформационной системы «Возобновляемые источники энергии Санкт-Петербурга и Ленинградской области». [Электронный ресурс]. – URL: https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/14604/1/Eпова_E_I_VKR.pdf (дата обращения: 29.06.2022).
20. Карта ветров России. Северо-Западный федеральный округ. [Электронный ресурс]. – URL: <https://energywind.ru/recomendacii/karta-rossii/severo-zapad> (дата обращения: 29.06.2022).



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

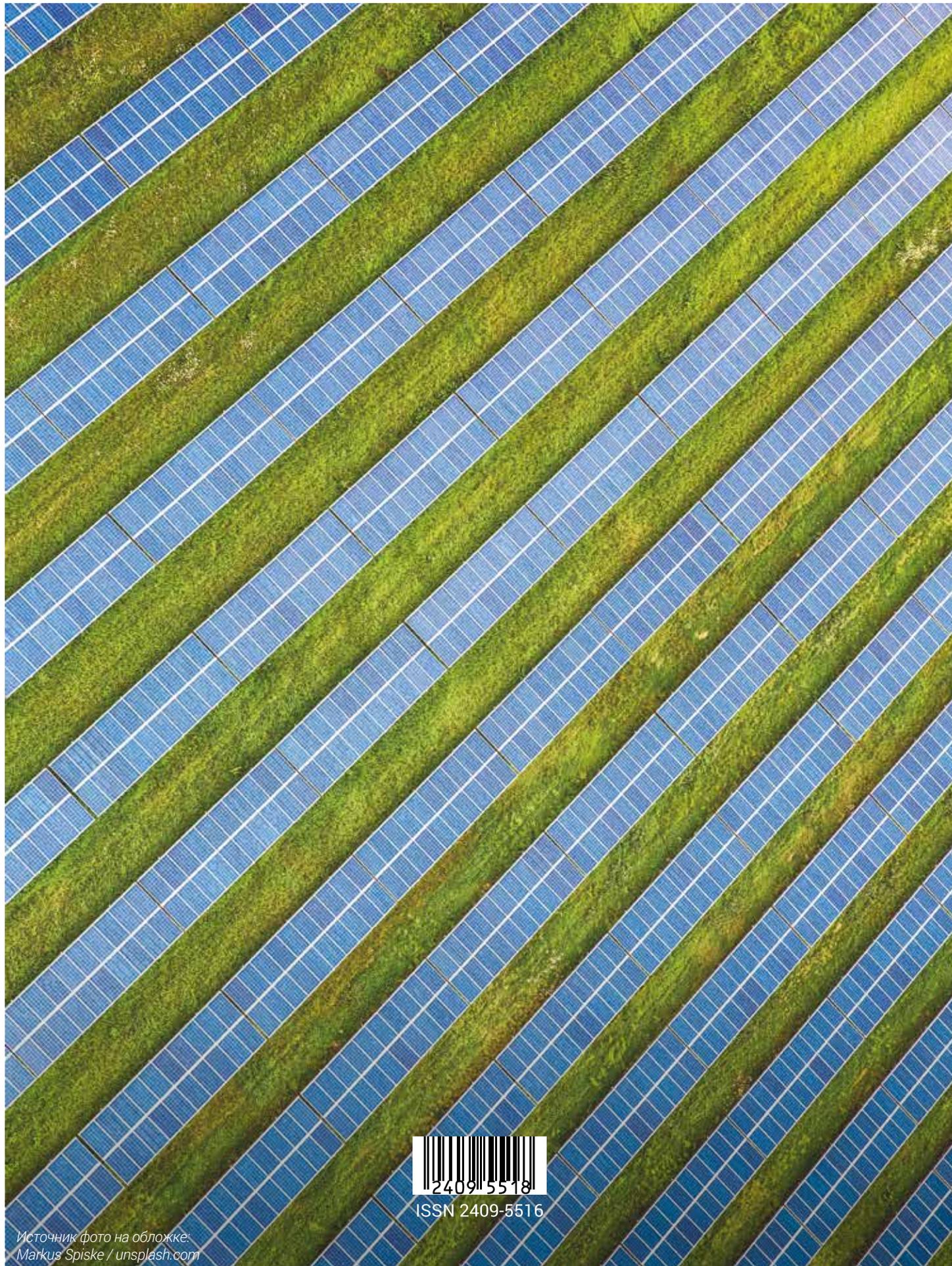


Оформить подписку на журнал «Энергетическая политика» на 2022 год можно через филиалы агентства «Урал-пресс», либо в ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. По вопросам подписки звонить по телефону +7-910-463-53-57. Стоимость подписки на полугодие (6 номеров) составит 10 700 рублей. В каждом номере – аналитические обзоры, авторские колонки, материалы научного и научно-прикладного характера. Будь в курсе основных направлений развития ТЭК!

energypolicy.ru

НАШИ ПАРТНЕРЫ





2409-5518

ISSN 2409-5516

Источник фото на обложке:
Markus Spiske / unsplash.com