

ENERGY BULLETIN



Организация
Объединенных Наций по
вопросам образования,
науки и культуры

Автономная
некоммерческая
организация

Международный центр
устойчивого энергетического
развития
под эгидой ЮНЕСКО



Энергетический вестник №28 | 2023



Иван Иванович Шишкин. Рожь. 1878

Энергетика хлебных просторов

Цифровая трансформация
электроэнергетики: от СССР к СНГ

20

Производство жидкого биотоплива
как перспективный сегмент
энергетического хозяйства

43

Энергетика России на основе ВИЭ

55

Энергетический вестник №28, 2023

Energy Bulletin №28, 2023

Le Bulletin Énergétique №28, 2023

Boletín Energético №28, 2023



Автоматизированная
некоммерческая
организация
Международный центр
устойчивого энергетического
развития
под эгидой ЮНЕСКО



ENERGY BULLETIN

Издается на двух языках – русском и английском.

Учредитель

АНО «Международный центр устойчивого энергетического развития» под эгидой ЮНЕСКО (МЦУЭР)
117292, Россия, г. Москва, ул. Кедрова, д. 8, стр. 2, 3 этаж
Тел.: +7 (495) 641-0426
Электронная почта: info@isedc-u.com

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций РФ
ПИ No ФС77-70569 от 3 августа 2017 г.

Распространение

Государства-члены ЮНЕСКО (постоянные представительства при ЮНЕСКО), международные организации и информационные агентства, министерства и ведомства РФ, отраслевые российские и иностранные компании, а также российские и международные библиотеки.

Журнал распространяется бесплатно.

© ЮНЕСКО 2023
© МЦУЭР 2023

Редакционная коллегия:

Игорь МАТВЕЕВ

ответственный секретарь коллегии,
исполнительный директор
АНО «Международный центр устойчивого
энергетического развития» под эгидой
ЮНЕСКО, Россия

Осман БЕНШИК

член Совета управляющих МЦУЭР, эксперт Energy
Watch Group, Франция

Али САЙЯХ

генеральный директор Всемирного конгресса
и сети по возобновляемой энергетике,
Великобритания

Ханс-Йозеф ФЕЛЛ

президент Energy Watch Group, Германия

Олег ПОПЕЛЬ

советник директора Объединенного института
высоких температур Российской академии наук
(ОИВТ РАН) по физико-техническим проблемам
энергетики, Россия

Олег ФАВОРСКИЙ

действительный член (академик) Российской
академии наук, Россия

Александр МИХАЛЕВИЧ

научный руководитель Института энергетики
Национальной академии наук Беларуси, Беларусь

Спирос КИРИТСИС

почётный профессор Афинского
сельскохозяйственного университета, Греция

Ноам ЛИОР

профессор машиностроения и прикладной
механики Университета Пенсильвании, США

Редакция:

Редактор
Ирина КЕВБРИНА

Научный консультант
Владимир КУЗЬМИНОВ

117292, Россия, г. Москва
ул. Кедрова, д. 8, стр. 2, 3 этаж
+7 (495) 641-04-26
info@isedc-u.com, kevbrina@isedc-u.com
www.isedc-u.com

*Материалы издания размещаются в Научной
электронной библиотеке eLIBRARY.ru и Научной
электронной библиотеке «КиберЛенинка».*

Авторы опубликованных в настоящем
издании статей несут полную ответственность
за подбор и достоверность приведенных
данных. Содержание публикаций может
не соответствовать позиции ЮНЕСКО и МЦУЭР.

Перепечатка материалов данного номера
или фрагментов из них на любом языке
и использование их в любой форме, в том
числе и в электронных СМИ, возможны только
с письменного разрешения Редакции.

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКЦИИ	4
Интервью с заместителем Председателя Совета управляющих МЦУЭР Владимиром Каламановым.....	16
МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Цифровая трансформация электроэнергетики: от Союза Советских Социалистических Республик к Содружеству Независимых Государств.....	20
<i>Купчиков Т.В., Борматин В.Е., Герих В.П., Ермоленко Г.В., Рахимов А.С., Фролова О.Ю., Исполнительный комитет Электроэнергетического Совета СНГ</i>	
НОВОСТИ ЮНЕСКО	40
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ	
Производство жидкого биотоплива как перспективный сегмент энергетического хозяйства.....	43
<i>Матвеев И.Е., Международный центр устойчивого энергетического развития под эгидой ЮНЕСКО</i>	
Энергетика России на основе ВИЭ.....	55
<i>Бутузов В.А., Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина</i>	
Водородная энергетика в рамках энергоперехода Европейского Союза.....	69
<i>Плешаков А.С., Finstar Financial Group</i>	
СОБЫТИЯ	81
ГОВОРЯТ ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИИ «ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ»	
Виктор Орлов, лауреат Международной энергетической премии «Глобальная энергия» 2022 года	85
Ежегодный доклад «10 прорывных идей в энергетике на следующие десять лет»	86
Замкнутый ядерный топливный цикл.....	88
<i>Першуков В.А., Госкорпорация «Росатом», Тихомиров Г.В., Институт ядерной физики и технологий НИЯУ МИФИ</i>	
НОВОСТИ МЦУЭР	96
КНИЖНАЯ ПОЛКА: советуем почитать	100

От Редакции

Открывая 28-ой выпуск «Энергетического вестника», хочется напомнить, что предыдущие два номера журнала вышли в свет в разгар пандемии COVID-19 и привлекли внимание читателей к важным социально-экономическим проблемам, вторгнувшимся в наше общество вместе со смертоносным вирусом и его модификациями (штаммами). Многие из них не преодолены до сих пор. Вместе с тем пандемия преподала всем нам уроки, которые должны быть вписаны в учебники для их постоянного изучения, чтобы следующие поколения были подготовлены лучше, чем современное общество, для решения многочисленных задач, которые будут стоять перед человечеством в будущем. Они, вероятно, будут усложняться, особенно если не удастся создать условия для устойчивого развития и достигнуть в этом десятилетии хотя бы некоторые из его целей, определённых Организацией Объединённых Наций.

Редакция поместила на обложках 26-го и 27-го выпусков репродукции полотен знаменитых художников 19-го и начала 20-го столетий — И.К. Айвазовского и Э. Мунка, которые представили в художественной форме их озабоченность геополитической турбулентностью и последствиями разрушительных природных явлений своего времени, во многом схожих с событиями, происходящими в настоящее время, а именно с продолжающейся пандемией и появлением новых эпидемиологических угроз, военной конфронтацией между РФ и Украиной с участием на стороне последней членов Европейского Союза (ЕС) и НАТО, признаками надвигающегося голода, кризисными явлениями в мировой энергетике и глобальной экономике, вошедшей в стадию депрессии. Таким образом, 2022 год дал ответ на вопрос, поставленный журналом «Энергетический вестник» на обложке 27-го номера: «Уроки пандемии COVID-19: Что дальше?». А ведь одной из основных причин наступления в 2022 году вышеупомянутых событий явились кризисные явления в энергетике, которые появились более десяти лет назад. В настоящее время они проникли практически во все регионы нашей планеты и полностью охватили ЕС.

А вот почему Редакция поместила на обложке настоящего выпуска журнала изображение знаменитого полотна И.И. Шишкина, великого русского пейзажиста, который сделал на эскизе этой картины замечательную надпись: **«Раздолье, простор, угодие, рожь, божья благодать, русское богатство»**. Россия с давних времён делила это богатство с соседями и более дальними народами, которые время от времени испытывали нехватку продуктов питания, в первую очередь, являющегося их основой хлеба. Необходимо вспомнить, что бывали времена, когда Советский Союз, частью которого являлась Россия, испытывал похожие проблемы, и некоторые страны продавали ему зерно, которое служило более успешному преодолению продовольственных трудностей. В настоящее время Россия превратилась в одного из ведущих производителей различного рода зерновых культур, поставляя значительные их объёмы на мировой рынок.

Плоды различных злаков многие века служили, пожалуй, самым ценным товаром для обмена в человеческом обществе, приносящим народам благополучие и создающим условия для преодоления труднейших ситуаций, которые появлялись довольно часто. Однако, выращивание зерна, его хранение, переработка, производство хлеба и других продуктов питания связаны с человеческим трудом, который никогда не был лёгким и остаётся таким быть в настоящее время. Человечеством было сделано много для его облегчения и повышения эффективности выращивания зерновых культур,

а также увеличения посевных площадей — хлебных просторов. Ключевую роль в этих процессах играет энергетика и наличие минеральных удобрений, производство которых также связано со значительным потреблением энергии. Здесь мы останавливаемся на энергетическом факторе обеспечения человечества продовольствием, хотя большое значение в этом имеет также наличие воды. Засухи наносили и продолжают наносить значительный ущерб сельскому хозяйству во многих частях нашей планеты, которые выражаются в ощутимых сокращениях производства продуктов питания и, следовательно, к их недостатку в некоторых странах, что приводит последние к голоду. И если бы в современном обществе отсутствовала возможность обмена продовольствием и, прежде всего, зерном для производства хлеба, эти явления могли иметь пагубные последствия, а именно приводить к гибели людей, что довольно часто случалось в прошлом. Поэтому **хлебные просторы, изображённые на полотне И.И. Шишкина, традиционно спасали и продолжают спасать многие народы от голода** и сопутствующих его явлений. Однако размеры таких просторов и их продуктивность в настоящее время зависят от многих факторов и, прежде всего, от использования современных технологий культивирования продовольственных культур, внедрение которых связано с возрастающими потребностями сельского хозяйства в энергии, наличии удобрений, повышающих плодородность, научно-селекционной работе по созданию зерновых и других культур, отличающихся от предыдущих большей продуктивностью и устойчивостью к неблагоприятным климатическим условиям. В эту цепочку факторов успешного сельскохозяйственного развития необходимо включить процессы уборки урожая, обработки и сохранения зерна, его транспортировку к потребителям и т.д. При этом необходимо подчеркнуть, что энергия нужна не только для культивирования зерновых культур, которые занимают наиважнейшее место в производстве продуктов питания, но и для успешного развития всех элементов цепочки производства и потребления зерна. Поэтому устойчивое (стабильное) и гарантированное энергетическое снабжение каждого из этих элементов позволяет избегать кризисные явления в производстве продуктов питания и снабжении ими населения многих стран мира, традиционно испытывающих в них недостаток, в результате чего появляются признаки голода. Говоря об этом негативном явлении в жизни человеческого общества, необходимо подчеркнуть, что голод превратился в «хроническую болезнь» человечества, которая является массовой, однако, не являясь при этом «пандемией», и приводит зачастую к серьёзным политико-экономическим конфликтам между группами людей в их борьбе за доступ к источникам продуктов питания. В настоящее время это явление характеризуется как «массовый голод», который является социальным бедствием, вызванным длительной нехваткой продовольствия и приводящим к массовой гибели населения на территории отдельных стран и даже крупных регионов. По имеющимся данным до середины 2010-х годов число голодающих в мире падало, но после начало медленно увеличиваться, а в 2020-х годах массовый голод достиг максимума за 15 лет, доля недоедающих стала 9,9% от всего мирового населения.

В 2020 году в мире голодали почти 811 миллионов человек, на 161 миллион больше, чем годом ранее. Больше всего голодающих проживает в Азии — 418 миллионов, в Африке, занимающей второе место — 282 миллиона, на третьем месте регион Латинской Америки и Карибского бассейна — 60 миллионов. Число жертв голода постоянно возрастает, и оно уже превысило пандемию COVID-19. А в 2020 году по тем же данным 30% населения Земли (более 2,3 миллиарда человек) были лишены доступа к достаточному питанию.

В то же время 30% всей еды в мире выбрасывается. По данным ООН, накормить человечество можно было бы, всего лишь наполовину сократив эти потери или отходы. 135 миллионов человек страдают от голода в основном из-за антропогенных конфликтов, изменения климата и экономического спада. Еще одним фактором является экономическое неравенство.

Сейчас мы подошли к одной из наиболее важных причин возможности возникновения в настоящее время голода, который может поразить, по словам некоторых политических деятелей и украинских средств массовой информации, около 400 млн человек, если они не получат 20 млн тонн зерна из Украины, заблокированные в ней до определённого момента из-за военно-политического конфликта между украинским правительством и двумя территориями, провозгласившими свою независимость от Украины (Донецкая и Луганская народные республики (ДНР и ЛНР)) и поддерживающей их Российской Федерацией. Нужно сказать, что данный конфликт является продолжением восьмилетнего противостояния двух республик и властей Украины, которое может закончиться в 2023 году, а весьма возможно будет продолжено с участием РФ и многих стран Европы, и Северной Америки ещё несколько лет. Следует подчеркнуть, что вследствие проведённых референдумов на территориях ДНР и ЛНР, а также Херсонской и Запорожской областей, обе республики, а также эти две области, вошли в состав Российской Федерации в качестве субъектов Федерации. Однако мы не будем подвергать анализу это военно-политическое противостояние, а обратим внимание читателей к заявлениям о возможном наступлении голода в ряде стран, так как он имеет значительный энергетический компонент. Хочется сделать замечание по поводу вышеупомянутого заявления о возможности наступления голода у 400 млн людей, если остатки прошлогоднего урожая Украины, которые по данным украинских властей оцениваются в 20 млн тонн, не будут доставлены потребителям. Это заявление произвело удручающее впечатление в ряде европейских стран, и, как следствие, привело к росту цен на продукты питания и, прежде всего, хлеба. Однако их повышение началось ещё во второй половине 2021 года, когда из-за действий крупных энергетических спекуляций, резко, в десятки раз, возросли цены на природный газ, основным поставщиком которого в большинство европейских стран являлась Россия. Следует отметить, что данная ситуация сформировалась в результате, мягко говоря, неразумной энергетической политики, основанной на покупке необходимых объёмов газа на «свободном рынке», а не в рамках долгосрочных договоров с производителями энергоносителей и, в частности, газа. Так что практически все экономические проблемы, в особенности относящиеся к энергетическому сектору, начались в результате накопления «груза» санкций, наложенных на РФ, задолго до начала обострения военных действий с участием России, и, как следствие, нарушению всех логистических производственных цепочек в мире. Эти проблемы многократно усугубились из-за вывода в результате террористического акта из строя северных трубопроводов, пролегающих по дну Балтийского моря и являющихся основными газовыми магистралями от России до ЕС.

А теперь вернёмся к зерновой проблеме. Никто, к сожалению, не задался даже вопросом: а в какой мере украинское зерно в объёме 20 млн тонн спасёт 400 млн жителей Земли от голода? Ведь если разделить это количество зерна на всех этих людей, то получится, что на каждого из них придётся не более 50-ти кг. в год, что в десять раз меньше минимального годового объёма зерна, требуемого человеку для удовлетворения его потребностей в продовольствии.

В то же время по данным экспертов Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) только около тридцати миллионов человек в мире будут голодать в 2022 году из-за ситуации на Украине. Эти данные лежат гораздо ближе к возможным последствиям продовольственных затруднений в мире из-за задержки поступления зерна на мировые рынки из Украины, а также из России.

В настоящее время, по имеющимся данным, годовое подушное потребление зерна в мире колеблется от 90 до 300 кг. в год. Так что представленные выше объёмы зерна Украины не стоило бы рассматривать, как критический фактор продовольственного состояния многих стран мира, и упоминание 400 млн человек, видимо, было сделано для привлечения внимания к её экспортным проблемам, возникшим из-за блокирования своих портов минированием их акваторий, которое сделало невозможным вход и выход из портов морских транспортных средств для перевозки зерна потребителям. Украинские власти почему-то не полностью воспользовались сухопутными логистическими возможностями, используя железнодорожный транспорт или водный (по Дунаю) для доставки своего зерна потребителям в европейские и другие страны, утверждая, что основным препятствием их использования являются ограниченные пропускные способности этих путей. Вместе с тем необходимо отметить, что использование этих путей позволило бы поставить значительные объёмы зерна потенциальным потребителям. Однако в конце июля 2022 года, после продолжительных переговоров между Украиной, РФ, Турцией и ООН, было достигнуто соглашение, или, как его называют, «зерновая сделка», о создании условий для морской транспортировки зерна при обеспечении украинской стороной безопасных транспортных коридоров. Срок действия данной «сделки» был определён в 120 дней. При этом Украина не стала проводить разминирование портов, в которых находятся зерновые элеваторы, а для прохода судов использовались безопасные фарватеры. Россия и Турция обеспечивали при этом защиту прохода судов с зерновыми до пролива Босфор. Кроме того, эта договорённость предусматривала невозможность использования сухогрузов, прибывающих в порты, для доставки на Украину вооружений. Появилась информация, что начался вывоз зерна по железной дороге, а также автомобильным транспортом. Однако ещё долгое время задерживалась доставка зерна и других видов продовольствия России на мировые рынки из-за различных санкций, наложенных западными странами на логистические цепочки, задействованные в этот процесс. А ведь **экспорт продовольствия из России в последние годы вносил и будет продолжать вносить существенный вклад в борьбу с массовым голодом**, если он не будет подвергаться никаким дискриминационным мерам. Следует упомянуть, что РФ и ООН подписали меморандум о содействии поставкам российской сельскохозяйственной продукции и удобрений. Заканчивая рассмотрение зерновых экспортных проблем Украины, необходимо отметить, что вывоз зерна из этой страны может только смягчить трудности в продовольственном обеспечении населения ряда стран Африки и Азии, но не спасти их от голода. Кроме того, вряд ли многие из этих стран в состоянии оплатить доставленное зерно, и получение Украиной экспортной выручки будет зависеть от финансовой помощи, которую, видимо, выделят международные институты и «богатые» страны. Хочется также верить, что значительная часть упомянутых выше запасов продовольствия будет направлена на борьбу с голодом и недоеданием в странах Африки и Азии. Однако вызывает озабоченность направленность зернового экспорта из Украины, так как большая его часть ориентирована на «богатые страны» Западной Европы, продовольственное положение которых далеко

от признаков и голода и недоедания, несмотря на появление незначительных трудностей в обеспечении населения определёнными продуктами питания. В середине ноября 2022 года истёк срок в 120 дней «зерновой сделки», а значительные объёмы зерна Украины не были доставлены потребителям развивающихся стран, в первую очередь Африки, так как основным направлением украинского экспорта стали закрома ряда европейских стран. А санкции ЕС, препятствующие экспорту российского продовольствия и которые согласно данной сделки должны быть удалены, продолжали действовать, и значительные объёмы зерна и сельскохозяйственных удобрений были заблокированы в различных местах логистических цепочек, делая таким образом невозможными поставки этих товаров странам, остро нуждающимся в них. «Зерновая сделка» не завершилась второй её частью и была продлена на шестьдесят дней, а совсем недавно ещё на шестьдесят дней. При этом предполагается, что в течение последнего продления антироссийские санкции будут сняты, и это позволит поставлять российское зерно и удобрения в беднейшие страны мира. Кроме того, РФ предложила предоставить эти товары развивающимся странам, срочно нуждающимся в продовольствии, на бесплатной основе. Как следует из печати, это предложение было принято с помощью ООН, и доставка некоторых объёмов российского продовольствия и удобрений уже началась. Безусловно это послужит весомым вкладом в смягчение последствий хронического недоедания населения ряда развивающихся стран. Однако на вывоз зерна из Украины может повлиять использование транспортных средств для проведения различного рода террористических актов на территории РФ.

Вместе с тем **засуха, накрывая многие страны ЕС в летние месяцы 2022 года, привела к значительному сокращению производства практически всех видов сельскохозяйственной продукции, включая зерно** (хотя урожай озимой пшеницы был хорошим и успешно собран в середине июня). Эта ситуация видимо вызовет некоторые продовольственные трудности в этих странах, которые уже привели к значительному повышению цен на продукты питания и к увеличенным потребностям в импорте прежде всего зерна и масличных культур. Это безусловно повлияло на изменение направлений продовольственных поставок и, в первую очередь, зерна, о чём было упомянуто выше.

А теперь давайте представим, что экспорт продовольствия из стран, производящих его, по тем или иным причинам, включая климатические условия или санкционные ограничения, не будет возможен, однако оно будет иметься в достатке в ряде стран Западной Европы и Северной Америке. Что может случиться в странах, традиционно импортирующих большие объёмы продовольствия и, прежде всего, зерна? Конечно, продовольственная ситуация в этих странах значительно ухудшится и масштабы «массового голода», упомянутого выше, могут расширяться. Откуда же можно было бы ожидать продовольственную помощь этим странам? Если принять во внимание объёмы продовольствия, включая зерно, используемые для производства биотоплив, то они могли бы быть использованы для оказания этой помощи. Следует при этом учитывать, что около 15% всей производимой кукурузы в мире используется для производства биотоплива, что выражается в более 174 млн тонн зерна. А ведь эта впечатляющая оценка не учитывает объёмы зерна пшеницы, ржи и др., а также объёмы масличных и сахаросодержащих культур, используемых в производстве биотоплив. Даже при неблагоприятных климатических условиях **объёмов сельскохозяйственной продукции, используемых в глобальном масштабе ежегодно для достижения целей развития «зелёной энергетики», вполне достаточно для сокращения масштабов «мас-**

сового голода» и недоедания во многих странах мира. Однако согласятся ли на это производители биотоплив, а также страны, включившие расширенное производство и использование биотоплив в свои энергетические секторы экономик? К сожалению, в это верится с трудом. К этому уже призывали и продолжают это делать многие признанные международные эксперты в области технологий производства биотоплив, которые высказывали озабоченность по поводу растущего потребления ценных пищевых продуктов для производства биотоплив, что, по их мнению, приводит к напряжённости в обеспечении продовольствием многих стран и продолжающегося «массового голода» в мировом масштабе. Они предлагали и продолжают предлагать замену зерновых и других сельскохозяйственных продуктов на высокоурожайные и высокосахаросодержащие культуры, которые могут произрастать на весьма скудных с точки зрения производительности землях, в избытке имеющихся практически во всех странах Европы и других регионах. К таким культурам относится сладкое сорго, о потенциале применения которого в производстве биотоплива подчёркивалось в нескольких статьях, опубликованных ранее «Энергетическим вестником». Однако мало что было сделано в этой области, продолжая потреблять в возрастающих объёмах сельскохозяйственную продукцию, традиционно используемую для производства продуктов питания. Даже не разработаны эффективные технологии производства биотоплива из вышеупомянутых пищевых отходов и других отходов жизнедеятельности людей. А ведь они являются богатыми носителями углеводов и жиров, которые служат исходными материалами для производства биотоплив. **Возможно в условиях нарастающих продовольственных трудностей, которые становятся более и более кризисными и используются некоторыми странами как политическое оружие в настоящем военном конфликте, концепция устойчивого энергетического развития будет пересмотрена и в мировой энергетике, где ископаемые энергоносители могут подтвердить своё место на пути создания основ возобновляемой энергетики (ВЭ),** и будут разработаны технологии по улавливанию и использованию парниковых газов и других нежелательных продуктов сгорания. Необходимо отметить, что многие продукты, например, сгорания угля, успешно задерживаются в процессе горения и выводятся из попадания в атмосферу. Имеются также довольно эффективные технологии по улавливанию углекислого газа и его сохранению и использованию в некоторых производственных процессах. Они могли бы служить надёжным инструментом избегания кризисных явлений или настоящих кризисов в мировой энергетике, которые наблюдаются в настоящее время. Необходимо отметить, что они появились задолго до военных действий на территории Украины, и цены природного газа поднялись в десятки раз вследствие спекулятивных действий на «свободных рынках» энергоносителей. Безусловно это произошло из-за неверных подходов ЕС и многих его членов в организации своего энергетического хозяйства, которые отвергли предложения стран-производителей углеводородных энергоносителей осуществлять поставку последних на основе среднесрочных и долгосрочных договоров, а также использовать экономически разумные логистические системы доставки энергоносителей их потребителям.

И вот энергетический кризис, и последующие за ним экономические трудности, приближающиеся к кризисным, объявились во многих странах и регионах мира, и, прежде всего, в большинстве стран ЕС. Многие страны «бросились» закупать и запастись природный газ по повышенным ценам, завозить уголь для возможного расконсерви-

рования угольных электростанций, пересматривать отношения к ядерной энергетике. Что это: возврат к основным элементам традиционной энергетики, которые были неоправданно быстро исключены из процесса разумного продвижения к устойчивой энергетике на основе экономически обоснованного расширенного использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), ядерных энергетических установок новых поколений с эффективной переработкой их отходов и т.д.? Видимо настоящая энерго-экономическая ситуация повлияет на выбор наиболее разумных путей мирового энергетического развития и его отдельных регионов и стран. Нельзя полагаться только на ВЭ, которая безусловно будет являться в будущем основой устойчивой энергетике и продемонстрирует свою способность заменить секторы традиционной энергетики, основанные на ископаемых энергоносителях, даже если последние будут иметь в своём распоряжении технологии по исключению из процессов производства и потребления энергии выбросов парниковых и других газов. Ведь её эффективность также зависит от изменяющихся климатических условий. Например, снижение этого показателя было продемонстрировано в 2021–2022 годах, когда из-за продолжающейся три-четыре месяца исключительно жаркой погоды упала эффективность фотоэлектрических установок, а в условиях изменения в направлениях и силе ветров понизилась производительность ветроэнергетических установок. Продовольственные трудности, упомянутые выше, видимо, приведут к сокращению производства биотоплив. Ведь должны же их производители прислушаться к рекомендациям по сокращению использования зерна и другой сельскохозяйственной продукции для производства биотоплив!

Будут ли сегодняшние энергетические кризисные явления, ведущие к действительным экономическим трудностям во многих странах и особенно принадлежащих ЕС, приняты во внимание их правительствами и политическими кругами — это большой вопрос, так как в их властных структурах сейчас находятся представители «зелёных» или «околозелёных» партий, которые занимают в большинстве ортодоксальные позиции, не учитывающие имеющуюся сейчас и склонную к продолжению геополитическую ситуацию в мире.

Отвечая на вопрос «Что дальше?», заданный на обложке предыдущего выпуска журнала «Энергетический вестник», необходимо подчеркнуть крайне неблагоприятную климатическую обстановку в летние месяцы 2022 года с необычно высокими температурами и практическим отсутствием атмосферных осадков. Если урожаем озимой пшеницы в большинстве стран Европы, как упоминалось выше, был благополучно убран в середине июня, то кукуруза из-за недостатка влаги и высоких температур не «дотянула» до своего созревания и очень мало принесла в закрома этих стран. Производство других пищевых сельскохозяйственных культур было также затруднено из-за указанных причин, что привело к серьёзному росту цен на продовольственных рынках, что также связано и с значительным повышением логистических цен, напрямую зависящих от стоимости электроэнергии и моторных топлив.

К проблемам, вторгнувшимся во многие страны мира, **добавились крупномасштабные пожары, уничтожившие миллионы гектаров леса, множество населённых пунктов, а также унесшие много человеческих жизней.** Ещё не поступили данные о сокращении лесного покрова в результате пожаров, возникавших из-за экстремальных погодных условий во многих частях света в 2022 году, однако уже сейчас мож-

¹ Conference of the Parties (COP)

но сказать, что они нанесли ни с чем не сравнимые экономический и экологический ущерб. Проблемы сохранения лесных ресурсов Земли обсуждались и продолжают обсуждаться на многих международных, региональных и других совещаниях различных калибров, включая Конференции ООН по изменению климата (КС)¹, принимались важные документы, обязывающие их авторов и соавторов предпринимать различного рода меры по борьбе с лесными пожарами, восстановлению лесных покровов, созданию национальных и межнациональных систем по охране лесных ресурсов и предотвращению пожаров. Так на КС-26, состоявшейся в Глазго, Великобритания, была **оглашена Декларация 110 стран-участниц о взятии на себя обязательства остановить сокращение лесного покрова на своих территориях и начать его восстановление**. Как известно, в последние годы климатические изменения в ряде стран привели к крупномасштабным лесным пожарам, которые уничтожили миллионы гектаров леса, на восстановление которого потребуется затратить значительные материальные ресурсы и возможно десятилетия. Следует упомянуть, что в некоторых случаях эти пожары были и продолжают быть «рукотворными» и противопожарные службы многих стран с трудом с ними справлялись. Значительные лесные территории подвергаются ликвидации путём неразумной вырубки и использования высвобождающихся территорий для различных видов экономической деятельности, в первую очередь, связанной с сельским хозяйством. Если обязательства, взятые на себя подписантами в рамках Декларации, будут выполняться, это явится, пожалуй, одним из самых надёжных инструментов по сокращению содержания CO₂ в атмосфере, а, следовательно, приведет к возможной остановке и замедлению процесса потепления на Земле. Следует помнить, что за последние 30 лет леса на планете сократились на 178 миллионов гектаров, потеряв 4% площади. Такие данные содержатся в докладе Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН. Тяжелее всего ситуация складывается в Африке и Южной Америке: Демократической Республике Конго и Бразилии.

С другой стороны, есть и хорошие новости: в Китае, Австралии, Чили площадь лесов, наоборот, растёт, увеличивается и число природных заповедников. Однако 2022 год ничего хорошего лесу не принёс. На протяжении всего летнего периода, когда на всех континентах установилась необычайно жаркая и сухая погода, лес уничтожался пожарами, которые продолжают полыхать и в 2023 году из-за чрезвычайно теплой и ветряной весенней погоды в ряде регионов России.

Вместе с тем, не следует «сваливать» эти явления на погодные условия. По свидетельству властей некоторых стран, пострадавших от масштабных лесных пожаров, многие из последних были рукотворными, вызванными недопустимо халатным отношением людей к окружающим их лесам, а в некоторых случаях и поджогами. Видимо вышеупомянутая декларация имела больше пропагандистский характер и не послужила призывом для всех кругов современного общества предпринять конкретные и действенные меры по охране и сохранению лесных богатств на нашей планете. Думается, что **всем государственным и неправительственным институтам следует провести тщательный анализ экономических и экологических потерь, включая человеческие жизни, принесенными лесными пожарами в 2022 году, и выработать конкретные совместные меры по предотвращению и более эффективные методы и инструменты борьбы со всеми видами лесных пожаров**. При этом не стоит забыть об образовании людей в этой области, которое позволит мобилизовать все силы человеческого общества на борьбу с этими бедствиями.

Несомненно, определённый ущерб лесным ресурсам планеты принесут планы некоторых европейских стран по борьбе с энергетическим кризисом использовать дерево в качестве топлива в отопительные периоды 2022–2023 годов для поддержания температуры на приемлемом уровне в жилищах, а также в общественных помещениях.

Ну а теперь остановимся на энергетическом кризисе, «накрывшем» Европу и в особенности ЕС уже в середине 2022 года. Кризисные явления в энергетике, как отмечалось выше, появились в 2021 году, когда из-за спекулятивных действий на «свободных» энергетических рынках энергоносителей и, прежде всего, природного газа, неожиданно выросли цены в несколько раз, а затем и на порядок. А ведь была возможность избежать этих явлений, если поставки газа потребителям из ЕС осуществлялись на основе среднесрочных и долгосрочных договоров, в которых бы фиксировались цены на энергоносители, что способствовало бы во многих случаях избежать спекуляций этими ценными товарами. Возрастание цен на них продолжилось весь 2022 год, в особенности на природный газ, цены на который достигли \$3000 за одну тыс. кубических метров против \$200–300 за тот же объём в середине предыдущего года.

Как уже подчёркивалось выше, энергетический кризис в странах ЕС усугубил террористический акт подрыва газовых трубопроводов «Северного потока», являющегося одним из основных энергоснабжающих большинства стран Европы систем. Расследование этого преступного действия должно выявить его исполнителей и заказчиков, которые спровоцировали дальнейшее углубление энергетического и общего экономического кризисов ЕС. Вполне естественно, что экономики стран-членов ЕС, в течение двух десятилетий пребывавших в «энергетическом благополучии» из-за наличия в достаточных объёмах дешёвых и разнообразных энергоносителей не были готовы к такому повороту в их энергоснабжении. Такая неблагоприятная ситуация с газом, который, как отмечалось выше, являлся основой «энергетического благополучия» многих стран, немедленно вызвала все признаки общего экономического кризиса в них, привела к повышению цен на практически все товары и услуги, чрезвычайно трудным условиям работы многих промышленных и сельскохозяйственных предприятий, коммерческих организаций, коммунальных и других структур обслуживания населения. Появились признаки роста безработицы, а также другие, типичные для экономических кризисов, включая стремительно растущую инфляцию. В этих условиях весьма трудно предвидеть успешное выполнение планов ЕС по становлению ВЭ, которая на современном уровне своего развития не в состоянии ни обеспечить «энергетическое благополучие», ни даже частично сократить дефицит традиционных энергоносителей в этих странах.

Как ни странно, **некоторые основные элементы ВЭ также оказались подверженными климатическим изменениям**, которые сказались на силе ветров, что привело к сокращению вырабатываемой мощности ветровыми электростанциями, а жаркая погода способствовала сокращению эффективности фотоэлектрических панелей. Эти особенности ВЭ безусловно будут приняты во внимание специалистами в процессе дальнейшего развития этой нарождающейся отрасли устойчивой энергетики. Однако совершенно очевидно, что ВЭ в настоящее время не в состоянии сделать существенный вклад для выхода из энергетического кризиса. Более того не ясно как она будет развиваться в условиях кризиса, так как значительные материальные ресурсы были и, видимо, будут использоваться для срочных энергетических нужд и, прежде всего, оплаты чрезвычайно дорогих углеводородов, в особенности газа.

В условиях существующего энергетического кризиса наблюдается рост интереса к атомной энергетике, и некоторые страны ЕС подумывают о пересмотре места и роли атомной энергетике, учитывая большие успехи, достигнутые в области создания качественно новых ядерных энергетических установок, а также хранения и переработки ядерных отходов, неизбежных при эксплуатации ядерных энергетических реакторов. Проф. Карло Руббиа из Италии, лауреат Нобелевской премии по физике и лауреат международной премии «Глобальная энергия» в интервью, опубликованном в предыдущем выпуске «Энергетического вестника» подчеркнул, что основная проблема ядерной энергетике заключается в недостатке инновационных разработок, которые помогли бы этому сегменту энергетике избежать те «слабые» места, которые могут прекратить её развитие. По его словам, например, замена урана на торий в качестве ядерного топлива в реакторах позволила бы преодолеть эти «слабые места», которыми, как известно является обращение с ядерными отходами, и поставить атомную энергетику вместе с возобновляемой в ряд основ устойчивой энергетике и устойчивого энергетического развития человечества. Таким образом **энергетический кризис должен дать определённый импульс исследованиям и технологическим разработкам, которые позволили бы задействовать традиционные секторы энергетике, сделав последние более «зелёными» или вовсе «зелёными»,** в чем им возможно окажет определённую услугу их соперничество с ВИЭ.

Ну а заканчивая это краткое представление проблем, связанных с энергетикой и появившихся в жизни человечества в 2022 году, необходимо отметить, что многие из них «перетекли» в 2023 год и, вероятно, в последующие, как это случилось с пандемией COVID-19.

В 2022 году произошло крушение попыток создания глобальной энергетической системы ввиду её разрушения из-за многочисленных санкций, введённых против основных производителей энергоносителей основными потребителями последних. Эта ситуация привела к стремительному росту цен на все виды энергоносителей и конечную энергию, извлекаемую из них. Энергетический кризис «накрыл» в первую очередь страны ЕС, который, по мнению многих авторов, «запутался» в своих многочисленных пакетах санкций, принятых для «наказания» РФ за участие в военном конфликте, вышеупомянутом.

В дополнение к экономическим, юридическим и техническим мерам антироссийского свойства, касающихся энергетике, «недоброжелатели» участия российских производителей нефти, газа, угля и продуктов, из них произведённых, в «добропорядочных» энергетических рынках, приступили к физическому разрушению логистических (транспортных) систем энергоносителей, производимых в России. Так была сделана попытка вывода из строя газового трубопровода «Турецкий поток», путём серии санкций были остановлены транспортные газовые системы известные как «Северный поток», а затем и физическое разрушение террористической атакой на трубопроводы потока, которые почти полностью были выведены из строя в сентябре 2022 года. Таким образом практически все Европейские страны были лишены стабильных и достаточных по объёмам поставок природного газа из России, которые частично были замещены чрезвычайно дорогим сжиженным газом, поставляемым из США, а также другими производителями газа из Европы и некоторых Африканских стран.

Как долго эта энергетическая ситуация в Европе будет продолжаться и пришедший с ней экономический кризис трудно сказать в настоящее время. Можно только с уверенностью констатировать, что энергетический и экономический кризисы «перетекут»

и в последующие за 2023 годы, усугубляя социальную напряжённость во многих странах ЕС, которая может поставить большой вопрос о будущем этого, пожалуй, самого эффективного экономико-политического объединения в современном мире.

6–20 ноября 2022 года была проведена КС-27 в Шарм-эш-Шейх, Египет, и закончилась принятием механизма финансирования для компенсации убытков и ущерба, вызванных климатическими катастрофами (Loss and damage fund). Нужно сказать, что почти все КС заканчивались решениями, относящимися к созданию различных механизмов и инструментов финансирования международных действий, направленных на борьбу с изменением климата и его последствий. Однако трудно найти опубликованные данные о результатах выполнения этих решений и их эффективности. Видимо они не были столь удовлетворительными, как это от них ожидалось. Хочется надеяться, что выполнение основного решения КС-27 будет более результативным, чем действия, следовавшие после предыдущих конференций.

Ну а теперь вернёмся ко ржи, к основной до определённого времени зерновой культуре России и многих стран северной части Европы. Этот злак обладает многими привлекательными характеристиками минерального и витаминного содержания, своей неприхотливостью к погодным условиям, более устойчив к низким температурам, большим объёмом стеблей, которые в виде соломы веками применялись при строительстве жилищ для их покрытия и т.д. Зерно ржи, благодаря своему химическому содержанию, служило и продолжает служить для производства хлеба и других продуктов питания, напитков (знаменитого кваса) и, конечно, для производства этилового спирта, который кроме употребления в виде крепких спиртных напитков, используется как биотопливо. Однако значение ржаного хлеба в питании населения многих стран безусловно является более важным, чем производство этанола, так как пищевые и лечебные качества этого продукта, по мнению диетологов и других медицинских экспертов, являются несравнимыми с практически со всеми пищевыми производными других злаков. В настоящее время рожь всё прочнее и прочнее входит в диеты практически всех стран Европы и других регионов, включая те, которые никогда не культивировали и не употребляли рожь в качестве пищевого продукта.

Хочется верить, что рожь будет продолжать служить важным элементом продовольственного обеспечения людей и уступит своё место в ряду пищевых продуктов, используемых для производства биотоплив, другим сельскохозяйственным культурам тем, что не будут занимать плодородные земли, которые могли бы быть переориентированы на выращивание ржи. Ну а пока **замечательный ржаной простор И.И. Шишкина будет вселять в людей уверенность в благодатную силу природы, которая поможет преодолеть зерновые, энергетические и общие экономические кризисы, посетившие человечество в 2022 году,** причинами которых в определённой степени явилась пандемия COVID-19, которая, к сожалению, продолжается, правда, не с таким размахом как в 2020–2021 годах, и создаёт проблемы для здравоохранений многих стран и уносит человеческие жизни. Мы также надеемся, что основная причина вышеуказанных проблем, которой является конфронтация между РФ и Западом, будет мирно урегулирована в 2023 году.

В заключение Редакция журнала представляет читателям краткое содержание настоящего выпуска «Энергетического вестника», который открывается текстом беседы с чрезвычайным и полномочным послом Российской Федерации и бывшим постоянным представителем РФ при ЮНЕСКО Владимиром А. Каламановым, ставшим од-

ним из основателей Международного центра устойчивого энергетического развития под эгидой ЮНЕСКО (МЦУЭР) в Москве. Несомненный интерес читателей должна вызвать статья, подготовленная группой авторов, работающих в Исполнительном комитете Электроэнергетического Совета СНГ, под названием «Цифровая трансформация электроэнергетики: от Союза Советских Социалистических Республик к Содружеству Независимых Государств», а также обзоры состояния биоэнергетики — производства биотоплив и перспективы развития водородной энергетики в ЕС, авторами которых явились соответственно исполнительный директор МЦУЭР Игорь Е. Матвеев и юрист Finstar Financial Group, эксперт в области возобновляемой энергетики Андрей С. Плешаков. В своей статье доцент Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина Виталий А. Бутузов представляет анализ состояния и перспектив развития энергетики России на основе ВИЭ.

По соглашению с Ассоциацией «Глобальная энергия» журнал печатает главу 5 «Замкнутый ядерный топливный цикл» из доклада «10 прорывных идей в энергетике на следующие десять лет», подготовленную специальным представителем Госкорпорации «Росатом» по международным и научно-техническим проектам, руководителем проектного направления «Прорыв» Вячеславом А. Першуковым и заместителем директора Института ядерной физики и технологий НИЯУ МИФИ Георгием В. Тихомировым, и знакомит читателей с лауреатом Международной премии «Глобальная энергия» за 2022 год, главным специалистом Центра инновационных технологий «Росатома» Виктором В. Орловым.

Как всегда, «Энергетический вестник» информирует читателей о некоторых мероприятиях ЮНЕСКО и работе МЦУЭР в 2022 году, которые в определённой степени выполнялись под влиянием последствий пандемии COVID-19, а также ряда социо-экономических факторов, вышеупомянутых.

Редакция журнала пользуется случаем выразить глубокую признательность всем авторам и специалистам, сделавшим свой вклад в подготовку материалов для данного выпуска, и надежду на дальнейшее плодотворное сотрудничество.

Интервью с заместителем Председателя Совета управляющих МЦУЭР **Владимиром Каламановым**



Владимир Авдашевич Каламанов

российский дипломат и государственный деятель

1997–1999 гг. — Полномочный представитель президента Российской Федерации в Республике Северная Осетия — Алания и Республике Ингушетия

1999–2000 гг. — Руководитель Федеральной миграционной службы

2000–2002 гг. — Специальный представитель Президента Российской Федерации по обеспечению прав и свобод человека и гражданина в Чеченской Республике

С 2002 по 2009 гг. — Постоянный представитель Российской Федерации при ЮНЕСКО

С 2009 года и по настоящее время — заместитель Председателя Совета управляющих АНО «Международный центр устойчивого энергетического развития» под эгидой ЮНЕСКО (МЦУЭР)

В 2022 году исполнилось 70 лет Владимиру Авдашевичу Каламанову — одному из основателей Международного центра устойчивого энергетического развития под эгидой ЮНЕСКО и журнала «Энергетический вестник». Он прошёл большой путь от выпускника факультета международных отношений Московского государственного института международных отношений (МГИМО) МИД СССР до Чрезвычайного и Полномочного Посла Российской Федерации, постоянного представителя РФ при ЮНЕСКО. Являясь кандидатом исторических наук и доктором юридических наук В.А. Каламанов известен как признанный эксперт в области международного права и прав человека, а также государственный деятель, занимавший важные посты, обеспечившие выполнение национальных законов и международных договоров в данных областях. Он также является автором многочисленных публикаций (монографий и статей). В 2021 году вышла в свет его очередная книга «Матрица миропорядка — 2050: Политологический прогноз будущей системы международных отношений».

По просьбе Редакции журнала «Энергетический вестник» Владимир Авдашевич ответил на несколько вопросов, которые относятся к важнейшим проблемам, вставшим перед человечеством в настоящее время, и высказал свое мнение о путях их преодоления, что безусловно представит интерес для читателей журнала.

Редакция: *Уходящий, 2022 год¹, принёс человечеству много проблем, преодоление которых будет продолжаться и в последующих за ним годах. К сожалению, эти проблемы приняли долгосрочный характер, что в определённой степени зависит от духовного состояния современного общества. В последние два-три года была замечена весьма «вялая» роль международных институтов и, прежде всего, организаций системы ООН в мобили-*

¹ Беседа с В.А. Каламановым состоялась в конце 2022 года

защиты духовных и материальных сил человечества для преодоления проблем, вставших перед человечеством. Примером такого поведения центральных органов ООН и её специализированных учреждений могла послужить роль этих организаций в борьбе с пандемией COVID-19, которая до сих пор не остановлена. Ведь международный компонент сотрудничества этой борьбы был сведён практически к нулю и до сих пор он остаётся на этом низком уровне. Является ли это явление тревожным сигналом для человеческого общества, в жизни которого международное сотрудничество и организации, созданные для его развития, должны играть наиважнейшую роль?

В.А. Каламанов: Возникшая ситуация является не столько «тревожным сигналом», сколько результатом объективного развития международных отношений. Мы все помним когда и, вследствие чего, была создана ООН. На сегодняшний день и дизайн организации, и ее структура, а также цели и задачи совершенно не отвечают требованиям по поддержанию безопасности и уж тем более «мобилизации духовных и материальных сил». Необходимо, особенно России, уже сейчас приступить к разработке нового международного порядка и международных организаций, которые смогли бы реально решать возникающие в мире проблемы. Будущее будет регулироваться так называемыми Ad-hoc² региональными организациями, которые и будут обсуждать и решать наиболее животрепещущие проблемы. Вместе с тем, модернизация ООН или вообще отказ от нее должна происходить осторожно, аккуратно, поэтапно. Нельзя разрушать, не предлагая альтернативы. Мир не терпит вакуума, иначе — Хаос.

Редакция: Могут ли международные организации, и прежде всего ООН, оказать содействие преодолению энергетического кризиса, накрывшего Европу, не дать ему возможность разрастания до глобального уровня? Не считаете ли Вы, что «энергетическая роль» международных организаций снижается от года к году, уступая своё место только климатическим проблемам, «перекладывая вину» за климатические изменения на нашей планете на энергетику и оставляя проблемы энергетики свободным рынкам, что в большой степени привело к кризису энергетики в Европе?

В.А. Каламанов: Энергетический кризис в Европе — это результат не столько экономического, а политического кризиса (противостояния). Фактически, рынок в энергетической плоскости в Европе исчез. Главными, основными регуляторами стали «политические силы», которые в угоду своим амбициям и целям превратили эти вопросы в инструмент для достижения своих целей. Сейчас уже трудно найти хотя бы один экономический вопрос, который бы не использовали ведущие политики других стран.

Редакция: Можно ли считать деятельность многочисленных международных неправительственных экологических организаций и движений полезной для решения энергетических проблем, стоящих перед человечеством, особенно тех, которые проявляют агрессивность в обществе?

В.А. Каламанов: Деятельность международных неправительственных организаций и движений можно считать полезной для решения энергетических проблем только при условии, что они реально неправительственные. Такие организации содействуют развитию просветительской и научной деятельности Общества в энергетической сфере, подталкивают человечество к поиску наиболее оптимальных и безвредных инструментов поддержания жизнедеятельности в мире. Однако, в настоящее время, «энергетическая математика», так же, как и экология, все чаще становится орудием в продвижении политических

² Специальные. — Прим. ред.

амбиций ряда западных государств (США, Великобритании, Германии). Достигается это с помощью стопроцентной финансовой зависимости этих организаций от правительственных структур. Отличительной чертой этих формирований является агрессивность, нетерпимость и медленное скатывание в состояние «пятых колонн» в ряде стран.

Редакция: *Агрессивность экологических активистов особенно усилилась в Европе в последние месяцы этого года и выплеснулась в общество в виде нападений молодых людей, получивших уже определение как «эко вандалы», на произведения изобразительного искусства, выставленные в ведущих европейских музеях и выставках. Эти варварские акции стали известны через телевизионные программы, репортёры которых, судя по всему, заблаговременно были приглашены на эти «протестные акции». Однако до сих пор не услышана реакция ЮНЕСКО на эти поистине варварские атаки на предметы искусства и культуры, защита которых является одной из основных обязанностей этой организации, с которой у Вас связано почти десятилетие Вашей дипломатической работы. С чем связано такое поведение организации? Неужели она «позеленела» так же, как и некоторые её государства-члены?*

В.А. Каламанов: Эти варварские акции (т.н. эко вандалы) являются прежде всего демонстрацией глубокого упадка морали западных обществ, которые находятся в расстройстве из-за отказа от фундаментальных принципов развития человеческой цивилизации. Слабость ООН и её структур связана с непреодолимыми противоречиями межцивилизационного порядка. Отсюда невозможность поиска компромиссов. Здесь важно представителям России на всех уровнях настойчиво отстаивать наши ценности, еще больше работать внутри страны, не опасаться взять на себя инициативу по отстаиванию общечеловеческих ценностей.

Редакция: *Владимир Авдашевич, Вы внесли неоценимый вклад в создание и становление МЦУЭР, когда ЮНЕСКО ещё занималось вопросами энергетики в части научно-технических проблем использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также социально-экономическими проблемами энергетики, которые входят в круг её устойчивого развития, а также устойчивого энергетического развития всего человеческого общества. За почти 20 лет своего существования МЦУЭР оказал неоспоримо важный вклад в успешное выполнение и развитие программы ЮНЕСКО в области подготовки и переподготовки энергетических кадров для развивающихся стран и государств — членов СНГ, проведения международных и национальных встреч энергетических экспертов, проведения специальных исследований по заказу государственных и московских муниципальных органов, а также распространения современной научно-технической информации в области энергетики. В какой степени Центр выполняет задачи, поставленные перед ним организациями-учредителями: ЮНЕСКО и Министерством энергетики Российской Федерации, и какие перспективы для расширения его деятельности имеются в настоящее время геополитической турбулентности?*

В.А. Каламанов: Само создание Центра явилось поистине победой российской дипломатии, т.к. это был первый случай возникновения специфического Института ЮНЕСКО с таким форматом в России. Особенно противились его возникновению в нашей стране США и Великобритания. Центр устойчивого энергетического развития — это всеобъемлющий институт, который призван заниматься научно-техническими вопросами использования ВИЭ, самой философией ВИЭ. В Уставе Центра весомую роль играют изучение вопросов экологии и не только научно-прикладными задачами, а влиянием эко-

логии на человека, на среду обитания. Вообще отличительная черта нашего Центра состоит в наличии человеческого измерения. Именно человек, в конечном счете, является целью всех наших исследований. Поэтому, совместно с ЮНЕСКО мы приложили максимум усилий в успешное выполнение и развитие программы подготовки и переподготовки кадров в области энергетики развивающихся стран и государств — членов СНГ. Для нас также важно не вариться в собственном соку, а обмениваться знаниями, мнениями с экспертами в области энергетики различных стран как у нас в стране, так и на пространствах ЮНЕСКО. Идет интенсивная работа по проведению специальных исследований по заказу министерств, ведомств федерального и регионального уровня. На нас лежит ответственность за распространение научно-технической информации. Особая задача здесь донести до международного сообщества позицию России по наиболее животрепещущим вопросам. Здесь также следует упомянуть о Климате. И, конечно, невзирая на сложности (COVID-19, агрессивная позиция Запада, экономическая ситуация в мире) мы будем терпеливо и неуклонно защищать интересы нашей страны, которые тождественны с интересами прогрессивной части человечества.

Редакция: *Не считаете ли Вы, что ЮНЕСКО и, следовательно, МЦУЭР должны играть большую роль в развитии энергетического образования всех слоёв человеческого общества, что позволит более успешно реализовать концепцию устойчивого энергетического развития общества и устойчивого развития энергетики и, таким образом, преодолеть современные и грядущие энергетические и связанные с ними экономические кризисы? К сожалению, необходимо констатировать, что уровень энергетических знаний в обществе в целом остаётся на весьма низком уровне. Примером этого может служить убеждение значительного большинства членов современного общества в существовании «возобновляемой энергии» и исключительной дешевизне энергии, полученной с помощью ВИЭ.*

В.А. Каламанов: Полностью с Вами согласен. Центр поэтому и вкладывает большое усилие во всеобъемлющее энергетическое образование всех слоев населения, что автоматически снимет множество непониманий, а порой откровенного невежества не только простых людей, а и горе-экспертов.

Редакция: *Известно, что Вы успешно сочетаете исполнение Ваших государственных обязанностей с научной работой, результаты которой публикуются в виде статей и монографий. Недавно вышла в свет написанная Вами книга «Матрица миропорядка — 2050: Политологический прогноз будущей системы международных отношений». Не могли бы Вы познакомить наших читателей с ближайшими творческими планами?*

В.А. Каламанов: После опубликования двух моих последних работ «О Власти» и «Матрица миропорядка — 2050» была сделана пауза, так как мне важно насколько время подтвердило правильность тезисов и выводов, сделанных в этих работах. Вместе с тем, меня все больше увлекает тема междивилизационных отношений, анализ и экспертиза определений в этой области.

Редакция выражает Владимиру Авдашевичу Каламанову благодарность за ответы, которые, несомненно, внесут вклад в лучшее понимание важных проблем, стоящих перед нашим обществом в настоящее время, и возможных путей их преодоления, и желает дальнейших успехов в его государственной, международной и научной деятельности, а также крепкого здоровья.

Цифровая трансформация электроэнергетики:

от Союза Советских Социалистических Республик к Содружеству Независимых Государств



**Купчиков
Тарас Вячеславович**

Председатель Исполнительного комитета Электроэнергетического Совета СНГ (ИК ЭЭС СНГ)



**Ермоленко
Георгий Викторович**

Директор Департамента внешних связей ИК ЭЭС СНГ



**Борматин
Василий Евгеньевич**

Заместитель Председателя ИК ЭЭС СНГ



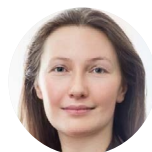
**Рахимов
Азамат Сухробович**

Директор Департамента экологии, энергоэффективности и ВИЭ ИК ЭЭС СНГ



**Герих
Валентин Платонович**

Советник Председателя ИК ЭЭС СНГ



**Фролова
Ольга Юрьевна**

Директор Департамента по стратегии ИК ЭЭС СНГ

Аннотация

Дан краткий обзор развития цифровизации электроэнергетики в СССР, а также в объединении энергосистем государств — участников СНГ. Дано описание стратегических документов планирования на современном этапе сотрудничества государств — участников СНГ, регуляторных механизмов, целей и задач цифровой трансформации в государствах — участниках СНГ на национальном, отраслевом и корпоративном уровнях, применяемых технологий, терминологии и отраслевых стандартов в этой области. Приведена информация об Электроэнергетическом Совете СНГ — его составе и функциях, рабочих структурах, роли в организации и координации сотрудничества государств — участников СНГ в области цифровой трансформации электроэнергетики. Цифровизация представлена, как «окно возможностей» для научной кооперации и повышения эффективности и управляемости энергосистем государств — участников СНГ. Рассмотрены вопросы внедрения цифровых технологий, формирования центров компетенций и профессионального образования в этой области. Сформулированы потенциальные совместные задачи в рамках СНГ.

Ключевые слова

Цифровизация, сквозные технологии, цифровые данные, трансформация, электроэнергетика, энергосистема.

Введение

Развитие процессов автоматизации и масштабного перехода от аналоговых на цифровые технологии во всех отраслях экономики привело к появлению понятий «оцифровка», «цифровизация», «цифровая трансформация», которые вошли в употребление в профессиональной среде. Несмотря на то, что многие институты различного уровня (международные организации, государственные органы, корпорации и компании, научные организации) предложили свои определения и описания этих понятий, в том числе и для электроэнергетики, их общепринятые определения пока не сложились ни в научной литературе, ни в международных руководствах, ни в государственных документах.

Рассмотрение широкого спектра этих понятий позволяет условно описать их следующим образом (рис. 1):

Оцифровка — это перевод параметров процессов из аналогового в цифровой формат. Оцифровка может повысить эффективность, когда оцифрованные данные используются для автоматизации процессов и повышения уровня доступности, но оцифровка не означает оптимизацию самих процессов или баз данных.

Цифровизация — следующий уровень изменений, на котором переведенные в цифровой формат данные и процессы можно использовать для упрощения и оптимизации операций: изменения бизнес-модели и предоставления новых возможностей получения дохода и создания ценности является процессом перехода к «цифровому бизнесу».

Цифровая трансформация — более глубокий и масштабный процесс. Это комплексное преобразование предприятия с использованием цифровых решений и технологий. Его цель — выход на новые рынки, создание новых каналов продаж и решений, которые генерируют новую чистую выручку и приводят к увеличению стоимости компании.

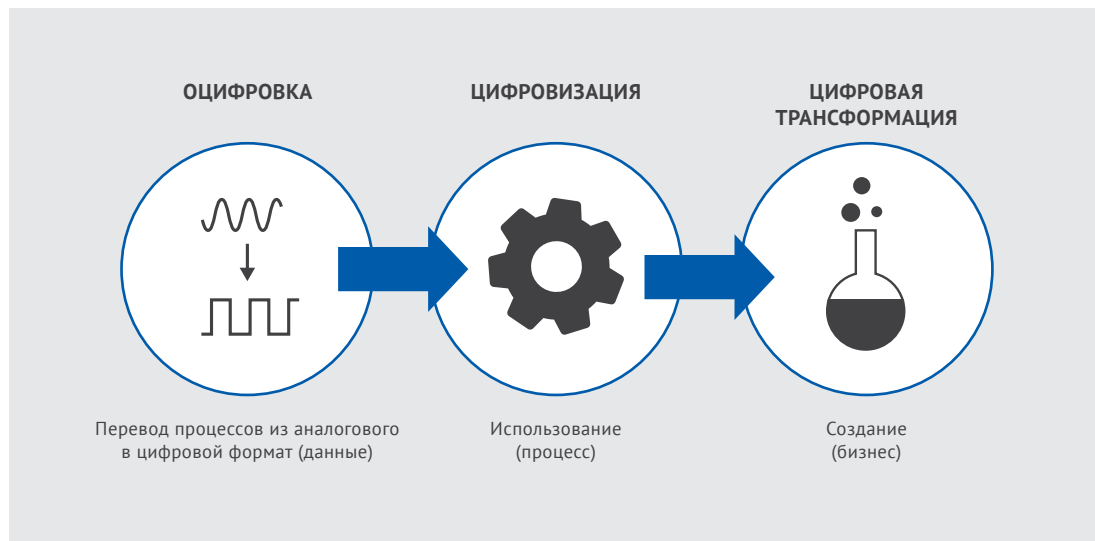


Рис. 1. Определения оцифровки, цифровизации и цифровой трансформации.

Под цифровой экономикой понимается совокупность общественных отношений, складывающихся при использовании цифровых технологий, цифровой инфраструктуры и услуг, технологий анализа больших объемов данных и прогнозирования в целях

оптимизации производства, распределения, обмена, потребления и ускорения социально-экономического развития государств. Данные в цифровой форме становятся одним из ключевых факторов развития производства и условий формирования добавленной стоимости во всех секторах экономики.

В электроэнергетике наиболее часто встречается понятие «цифровизация», и практически все государства — участники СНГ активно используют его, однако определяют его несколько по-разному. Несмотря на различия используемых определений, по сути, цифровизация электроэнергетики для государств — участников СНГ представляет собой один из ключевых инструментов повышения эффективности функционирования отрасли в условиях меняющихся рынков, растущей конкуренции и ужесточения экологических требований.

Цифровизация — не новое явление для отрасли, однако ее современный виток, характеризующийся переходом от точечного внедрения цифровых технологий к комплексному подходу администрирования отрасли с учетом особенностей целостности и взаимосвязанности, меняет сложившуюся архитектуру взаимодействия между участниками отрасли и требует интенсификации сотрудничества в области цифровой трансформации электроэнергетики государств — участников СНГ.

Немного истории

В электроэнергетике цифровизация, как отмечено выше, не новое явление, цифровые технологии десятилетиями помогают совершенствовать энергетические системы. Фактически, электроэнергетический сектор был одним из первых, внедривших крупные системы информационных технологий (ИТ).

В 1970-х годах энергетические компании были пионерами цифровых технологий, используя ИТ для совершенствования управления и эксплуатации энергосистем.

В СССР с середины прошлого века разрабатывались ИТ в энергетическом секторе для автоматизации решения задач со значительным объемом сложных вычислений. В энергетической отрасли начинали свой путь основоположники советской вычислительной техники С.А. Лебедев, И.С. Брук и др. Первый в 1945 г., работая во Всероссийском электротехническом институте (ВЭИ), изготовил электронную аналоговую машину для расчета режимов энергосистем. Свою первую и первую в СССР цифровую ЭВМ «МЭСМ» он разработал в 1948–1951 годах, уже работая в Академии наук Украинской ССР. Первая же, так называемая «малая ЭВМ» М-1, была создана в 1951 г. группой молодых ученых под руководством И.С. Брука в Московском энергетическом институте.

В 1957 году комиссией под руководством Г.М. Кржижановского был разработан перспективный план научных исследований по проблеме создания Единой энергетической системы (ЕЭС) СССР. В соответствии с этим перспективным планом создание и развитие ЕЭС должно было быть переведено на качественно новую ступень [1]. К числу основных направлений этой стратегии относилась комплексная автоматизация электростанций различных типов, автоматическое управление энергосистемами и ЕЭС с применением ЭВМ, с автоматическими устройствами на электростанциях и подстанциях [2].

С середины 1950-х энергообъединения, сформированные в промышленно развитых регионах, начали объединяться в Единую энергетическую систему страны. Необходимость формирования ЕЭС была продиктована растущими потребностями в обеспечении надежного энергоснабжения развивающейся послевоенной экономики страны и подкреплена развитием технологий, в том числе появлением технологий противоаварийного управления на базе аналоговой и релейной техники, а с середины 1960-х годов — при-

менением ЭВМ, для более полного использования пропускной способности сетей внутри и между крупными энергообъединениями и их надежной параллельной работы.

Увеличение объемов и сложности исследований были связаны с необходимостью комплексного анализа, при котором вопросы надежности, экономичности и качества электроэнергии рассматриваются в их взаимосвязи. Для этого необходимо было применение сложных математических методов: оптимизация сложных целевых функций, математической статистики, теории вероятности и др. Кроме того, для расчетов по краткосрочному (суточному) планированию режимов ЕЭС, и особенно для его оперативной корректировки, необходимы были вычислительные устройства, обладающие высоким быстродействием и памятью.

Развитие электроэнергетической отрасли вызвало зарождение кластера электронно-вычислительного машиностроения и последующего успешного внедрения ЭВМ в электроэнергетику СССР.

Советская энергетика находилась на острие научно-технического прогресса. Уже в начале 1960-х годов советские специалисты на сессиях СИГРЭ (Международный Совет по большим энергосистемам) докладывали мировому энергетическому сообществу о применении в СССР вычислительной техники для расчетов и анализа переходных процессов в энергосистемах (динамической устойчивости), об исследованиях коронного разряда на высоковольтных линиях электропередачи (ЛЭП), о разработке релейных защит с полупроводниковыми элементами, о строительстве передачи постоянного тока ± 400 кВ Волгоград-Донбасс.

Первые расчеты установившихся режимов ЕЭС для 36-узловой расчетной схемы были проведены на ЭВМ М-2 (на радиолампах) — вычислительной машине с вводом и выводом данных на узкой бумажной ленте (16 мм), с оперативной памятью 256 кбайт. Но даже при таких условиях производительность ЭВМ во много раз превышала производительность «ручного труда» специалистов-энергетиков. Позднее расчеты проводились на построенной под руководством С.А. Лебедева ЭВМ БЭСМ-2 в Вычислительном центре Академии наук (АН) СССР, что было надежнее и быстрее.

С 1964 по 1967 гг. Объединенное Диспетчерское Управление (ОДУ) ЕЭС уже проводило систематические расчеты во ВНИИЭ¹ на ЭВМ «Урал-2» и «Урал-4». Программное обеспечение разрабатывалось рядом профильных научно-исследовательских институтов.



Рис. 2. ЭВМ БЭСМ-4 в ОДУ Востока.

В 1966 г. ОДУ ЕЭС подготовило Техническое задание на проектирование схемы Государственного диспетчерского управления Единой энергетической системы Союза ССР.

В 1968 г. ОДУ Востока была приобретена и смонтирована в АН СССР ЭВМ БЭСМ-4 (рис. 2), разработанная под руководством С.А. Лебедева и изготовленная оборонным заводом в Ульяновске.

¹ Всесоюзный научно-исследовательский институт электроэнергетики

В 1968 г. в ОДУ ЕЭС была создана служба вычислительной техники. В службе появились технологи, программисты, операторы ЭВМ. Это дало возможность выполнять сложнейшие расчеты на 300-узловой расчетной схеме для анализа возможности присоединения ОЭС Юга к ЕЭС. Результаты проведенных испытаний идеально совпали с расчетными, и в июле 1969 г. ОЭС² Юга и ОЭС Северного Кавказа вошли в состав ЕЭС.

К концу 1960-х годов на ЭВМ БЭСМ-6, «Урал», М-220 начали производить расчеты суточных диспетчерских графиков с оптимизацией загрузки электростанций, токов короткого замыкания и многие другие.

В это время в СССР полным ходом шли работы по созданию автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) ОЭС и ЕЭС на базе современных систем сбора, обработки и отображения информации, развивалась система единой сети связи, телемеханики и передачи данных, совершенствовалась система противоаварийного управления на базе ЭВМ и микропроцессорных средств сбора информации.

Поскольку создание автоматизированной системы диспетчерского управления началось фактически с нуля, и в работе над ней принимало участие много научно-исследовательских, проектных институтов и предприятий, то для лучшей координации их действий в Центральном Диспетчерском Управлении (ЦДУ — ранее ОДУ) ЕЭС, в дополнение к существовавшей с 1969 г. службе АСДУ, были созданы более узкоспециализированные службы: отраслевой автоматизированной системы управления (ОАСУ), информационного обеспечения (ИО), разработки средств оперативного управления (РСОУ), математического обеспечения (МО) и вычислительной техники оперативного управления — ВТОУ.

В 1971–1972 годах там была введена в строй ЭВМ М-222, поскольку БЭСМ-4 уже не обеспечивала потребности в машинном времени. Затем на базе двух ЭВМ ЕС-1010В фирмы «Видеотон» начал формироваться оперативно-информационный комплекс (ОИК), остающийся по сей день основным вычислительным комплексом оперативно-диспетчерского управления. За это время он пережил несколько модификаций и модернизаций, и сейчас диспетчеры, управляющие ЕЭС России, используют современный ОИК, введенный в эксплуатацию в 2019 году.

В середине 1970-х на базе ЭВМ серии ЕС были разработаны и внедрены пока еще одноуровневые АСДУ, которые вывели технологию расчета и ведения режимов на новый уровень, коренным образом изменили работу диспетчерского персонала, дав ему в руки качественно новый инструмент управления динамично развивающейся ЕЭС СССР. Информация из АСДУ отображалась и на щите управления, и на рабочих местах.

Диспетчерский щит в ЦДУ был введен в октябре 1976 г. Он был оснащен комплексом средств отображения оперативной информации, включающим в себя цифровые приборы, информационное табло, цветные и черно-белые дисплеи, систему сбора оперативно-диспетчерской и технологической информации и многомашинный комплекс на базе ЭВМ третьего поколения. Комплекс состоял из двух малых ЭВМ «Видеотон» 1010Б и двух универсальных ЭВМ М-4030. Они обеспечивали прием, обработку телеинформации и управление средствами отображения, ведение суточной диспетчерской ведомости, прием и обработку производственно-статистической информации, поступающей от ОДУ и энергосистем ОЭС Центра с помощью аппаратуры передачи данных, а также решение задач планирования режимов. Управление диспетчерским щитом осуществлялось с помощью специализированной управляющей машины ТА-100, а при ее повреждении — от ЭВМ «Видеотон» 1010Б. Малые ЭВМ работали в режиме автомати-

² Объединенная энергетическая система

ческого резервирования и, кроме задач приема, обработки и отображения, обеспечивали автоматическую передачу телеинформации и данных суточной ведомости в одну из универсальных ЭВМ.

Таким образом, **именно электроэнергетикой, а точнее — оперативно-диспетчерским управлением, столкнувшимся в середине 20-го века с задачами управления большими системами со множеством элементов, был сформирован запрос к ученым на создание автоматизированных вычислительных средств высокой производительности, что положило начало тому, что в 21-м веке принято называть «цифровизацией электроэнергетики»** [3].

Активное внедрение электронно-вычислительной техники и телекоммуникационных технологий позволило совершить прорыв в сфере противоаварийного управления энергосистемами, регулирования частоты, мониторинга работы энергообъектов, значительно усовершенствовать ключевые процессы оперативно-диспетчерского управления.

70-е годы прошлого века многие страны прошли под флагом реформирования систем оперативно-диспетчерского управления, в большинстве государств, получивших иерархическую структуру, их технологического переоснащения на основе информационно-вычислительных систем, создания систем планирования режимов, а также автоматического и оперативного управления режимами энергосистем. Энергетика СССР, в которой первые элементы автоматического противоаварийного управления появились в 1940-х, трехуровневая структура оперативно-диспетчерского управления в конце 1950-х, а ЭВМ при расчетах электрических режимов применялись с конца 1960-х, входила в число лидеров этой модернизации.

К концу 80-х годов был создан хорошо организованный и весьма эффективно работающий электроэнергетический комплекс страны, высокая эффективность которого была достигнута благодаря реализации ряда основополагающих стратегических направлений:

- объединение энергосистем на параллельную работу и создание уникального энергообъединения, Единой энергосистемы СССР, которая в конце 80-х годов стала крупнейшим централизованно управляемым энергообъединением в мире;
- создание и ввод большого количества мощных и эффективных агрегатов тепловых, гидравлических и атомных электростанций;
- взаимоувязанное развитие ЕЭС страны с её системой управления и создание на этой основе эффективной иерархической системы планирования развития и управления системой, позволяющей решать весь комплекс задач, связанных с ее оптимальным развитием и функционированием, с использованием принципа оптимальности на каждом уровне временной и территориальной иерархии при обеспечении требуемого уровня надежности [4].

В 1990-е годы появилась проблема переосмысления параллельной работы ЕЭС России с энергосистемами бывших союзных республик. Все объекты электроэнергетики, расположенные на территориях вновь образованных независимых государств, стали их собственностью, а ЕЭС бывшего СССР превратилась в межгосударственное энергообъединение стран СНГ и Балтии.

Отсутствие заранее согласованных и принятых всеми партнерами правил серьезно осложняло процедуры планирования и управления режимами параллельной работы энергосистем бывших союзных республик, требовалось срочно приводить отношения между субъектами оперативно-диспетчерского управления в соответствие с новыми реалиями.

Стало развиваться сотрудничество в обеспечении энергетической безопасности государств — участников СНГ, что предопределило необходимость объединения информационно-коммуникационных пространств энергосистем и широкого использования цифровых технологий.

Цифровые технологии в электроэнергетике на современном этапе

Энергосистемы в современном мире становятся все более сложными технологически и экономически, испытывают на себе множество природных и техногенных воздействий и при этом растет их значение для жизни общества. Разворачивающаяся комплексная цифровая трансформация экономик делает задачу разработки и внедрения цифровых технологий в электроэнергетической отрасли ещё более актуальной. От того, насколько стабильно и надежно функционирует энергосистема, как быстро она справляется с аварийными режимами, зависит не только жизнь и благополучие отдельных потребителей, но и экономика государства.

Цифровая трансформация топливно-энергетического комплекса (ТЭК) представляет собой ключевой инструмент повышения эффективности в условиях меняющихся рынков, растущей конкуренции и ужесточения экологических требований, в составе которого особое место занимает дистанционное управление энергообъектами — в последние годы этот технологический инструмент получает все более широкое распространение в крупнейших энергосистемах мира [5].

Новый виток развития и внедрения цифровых технологий в электроэнергетику меняет взаимодействие между участниками отрасли. Цифровые технологии обеспечивают перевод в цифровую среду физических и бизнес-процессов, сквозную интеграцию всех процессов и более гибкое автоматизированное управление объектами энергосистемы. Рынки электроэнергии теперь отслеживаются и контролируются в режиме реального времени на обширных территориях, обслуживающих большое количество клиентов.

Цифровые технологии как класс включают огромное количество инструментов и наборов: от различных датчиков состояния до научных разработок, обосновывающих области оптимального применения той или иной архитектуры построения программного обеспечения.

Рассматривая цифровую трансформацию электроэнергетики необходимо выделить несколько определяющих технологий: облачные и распределённые вычисления, общая информационная модель (CIM), большие данные и интернет вещей. Во вторую по важности группу технологий входят блокчейн, цифровые двойники, дополненная реальность, аддитивное производство, роботы и когнитивные технологии.

Самой важной и определяющей технологией является цифровая платформа. Платформа как программный продукт аккумулирует в себе все остальные необходимые технологии, предоставляя огромному количеству пользователей доступ к информации, высококачественным сервисам по планированию, аналитике и, самое главное, доступ к рынку (клиентам, производителям, сервисным организациям и т.д.).

Участие в отраслевых, инфраструктурных, информационных и иных цифровых платформах энергетических компаний, обладающих богатейшим креативным опытом межотраслевого сотрудничества, позволит внести большой вклад в преобразование множества горизонтальных и вертикальных бизнес-процессов, оптимизацию операционных процедур, изменение устоявшихся моделей и форматов взаимодействия между участниками цепочек создания добавленной стоимости в широком спектре секторов экономики государств — участников СНГ.

Стратегические документы сотрудничества государств — участников СНГ в области цифровой трансформации

Согласованные подходы государств — участников СНГ к целям, основным задачам, принципам, основным направлениям, а также механизмам межгосударственного взаимодействия в сфере цифровой трансформации, отражены в Концепции сотрудничества государств — участников Содружества Независимых Государств в области цифрового развития общества, принятой 25 октября 2019 года.

Государства — участники СНГ исходят из того, что создание необходимых условий для их цифрового развития является одним из основных факторов для повышения конкурентоспособности их экономик, ускорения экономического роста, укрепления национального суверенитета, развития общества знаний, повышения благосостояния и качества жизни населения.

В декабре 2020 г. была утверждена Стратегия сотрудничества государств — участников СНГ в электроэнергетике до 2030 года (Стратегия 2030) и План мероприятий по ее выполнению. В Стратегии 2030 указана актуальность взаимодействия государств — участников СНГ в рамках Электроэнергетического Совета СНГ, а также определены цели и стратегические задачи по направлениям деятельности, среди которых вопросы цифровой трансформации электроэнергетики находятся в числе приоритетов энергетической повестки государств — участников СНГ. Цифровая трансформация электроэнергетики представляет собой один из ключевых инструментов повышения эффективности функционирования отрасли. Внедрение цифровых технологий повышают эффективность планирования развития, функционирования и управления энергосистем государств — участников СНГ, управления активами, развития информационных технологий, релейной защиты и автоматики.

Электроэнергетический Совет СНГ и его роль в координации цифровой трансформации электроэнергетики государств — участников СНГ

Важную роль в координации рассмотрения и решения вопросов цифровой трансформации электроэнергетики играет Электроэнергетический Совет СНГ (ЭЭС СНГ).

Совет является межправительственным органом отраслевого сотрудничества Содружества Независимых Государств [6], созданным в соответствии с межправительственным Соглашением о координации межгосударственных отношений в области электроэнергетики СНГ, подписанным главами правительств государств Содружества, 14 февраля 1992 г.

В соответствии с Положением об Электроэнергетическом Совете Содружества Независимых Государств [7] в состав ЭЭС СНГ входят руководители энергетических ведомств стран СНГ, руководители соответствующих центральных органов исполнительной власти, а также электроэнергетических ведомств и национальных энергетических компаний государств — участников СНГ, наделенные от имени государства соответствующими полномочиями [8].

В настоящее время Президентом ЭЭС СНГ является Министр энергетики Российской Федерации Н.Г. Шульгин, Вице-Президентом ЭЭС СНГ — Министр энергетики Туркменистана Ч.Х. Пурчеков.

При ЭЭС СНГ действуют следующие рабочие структуры:

- Комиссия по оперативно-технологической координации совместной работы энергосистем СНГ и Балтии (КОТК);

- Комиссия по координации сотрудничества государственных органов энергетического надзора государств — участников СНГ;
- Рабочая группа «Формирование и развитие общего электроэнергетического рынка государств — участников СНГ»;
- Рабочая группа по низкоуглеродному развитию электроэнергетики;
- Рабочая группа по вопросам цифровой трансформации электроэнергетики;
- Рабочая группа по технологическим вопросам надежности и безопасной работы оборудования;
- Секция по качеству электроэнергии в рамках Рабочей группы по технологическим вопросам надежности и безопасной работы оборудования;
- Рабочая группа по вопросам профессионального образования и подготовки кадров.

Основная цель ЭЭС СНГ — проведение совместных и скоординированных действий в области электроэнергетики, направленных на обеспечение устойчивого и надежного электроснабжения экономики и населения [9]. Одним из важнейших направлений деятельности ЭЭС СНГ является формирование общего информационного пространства государств — участников СНГ в области электроэнергетики [10].

На 55-м заседании Электроэнергетического Совета СНГ 25 октября 2019 года в развитие этого направления деятельности было принято решение поручить Рабочей группе «Обновление и гармонизация нормативно-технической базы регулирования электроэнергетики в рамках СНГ» изучить опыт работы энергосистем государств — участников СНГ в части цифровой трансформации электроэнергетики и подготовить аналитический доклад о состоянии дел в государствах — участниках СНГ по данному вопросу.

На 1-м заседании Координационного Совета при Электроэнергетическом Совете СНГ, 19 августа 2021 г., был рассмотрен вопрос о подготовке аналитического Доклада о состоянии дел в государствах — участниках СНГ в части цифровой трансформации электроэнергетики для создания информационно-аналитической базы для принятия решений по первоочередным задачам сотрудничества и мероприятиям по их реализации.

Исполнительный комитет ЭЭС СНГ подготовил Доклад. На 60-м заседании ЭЭС СНГ 14 июля 2022 г. Доклад был рассмотрен и по нему принят ряд решений, а именно:

- трансформировать Рабочую группу «Обновление и гармонизация нормативно-технической базы регулирования электроэнергетики в рамках СНГ» в Рабочую группу по вопросам цифровой трансформации электроэнергетики, с определением ее конкретных задач и функций;
- поручить Рабочей группе по вопросам цифровой трансформации электроэнергетики разработку:
 - раздела «Цифровая трансформация электроэнергетики» в рамках Концепции сотрудничества государств — участников СНГ в сфере энергетики на период до 2035 года;
 - проекта стандарта по терминологии цифровой трансформации электроэнергетики;
 - дорожной карты совместных действий по созданию единого информационного пространства для внедрения унифицированной методики обмена информацией на основании общей информационной модели СИМ;
 - вопроса о целесообразности разработки «сквозных» критериев оценки уровней цифровизации энергосистем.
- поручить Исполнительному комитету ЭЭС СНГ:

- рассмотреть Перечень вопросов в области развития отраслевого международного научно-технического обмена для совместной проработки в рамках рабочих структур ЭЭС СНГ;
- подготовить предложения по активизации работы по гармонизации нормативно-правовых актов и стандартизации цифровой трансформации электроэнергетики;
- проработать вопрос об активизации сотрудничества между Центрами компетенций в области цифровой трансформации электроэнергетики государств — участников СНГ с привлечением представителей научно-экспертного сообщества ЭЭС СНГ;
- проработать совместно с Рабочей группой по вопросам профессионального образования и подготовки кадров вопрос активизации взаимодействия между организациями, разрабатывающими инициативы в области дополнительного профессионального образования в сфере цифровой трансформации электроэнергетики.

Вышеперечисленные поручения включены в разработанный план Рабочей группы по вопросам цифровой трансформации электроэнергетики.

Цифровизация, как «окно возможностей» для научной кооперации и повышения эффективности и управляемости энергосистем государств — участников СНГ

Цифровизацию можно рассматривать прежде всего, как появившуюся на определенном этапе развития науки и техники возможность выявить те физические и технологические особенности функционирования энергосистем и оборудования, а также свойства материалов, которые ранее находились в «слепой зоне». Однако сведение цифровизации в электроэнергетике к точечному внедрению той или иной цифровой технологии, а также к их совокупности, без учета особенностей целостности и взаимосвязанности, а также комплексности отрасли представляется недостаточным.

Цифровизация, как результат развития информационно-вычислительных технологий, вычислительной техники, алгоритмов, в том числе экспертных систем, а также каналов передачи информации, представляет собой одновременно не только расширенный инструментальный для мониторинга, сбора и анализа больших массивов данных, в том числе для сопоставления данных из различных отраслей, сфер деятельности и накопленной информации о характеристиках природных явлений, но и создает дополнительные возможности для изучения, моделирования, прогнозирования, и как результат, влияния на функционирование энергосистем. Особенно это проявляется в контексте серьезных технологических и научных вызовов, связанных с изменением состава генерирующего оборудования, с увеличением доли сложно прогнозируемых и распределенных объектов генерации на основе энергии солнца и ветра, изменений климата, увеличения запроса на прозрачность, экономичность, экологичность и социальное одобрение принимаемых решений.

Для разработки методик прогнозирования сценариев отказа оборудования в зависимости от изменения данных мониторинга состояния соответствующего оборудования (что необходимо для перехода на ремонт по состоянию), с учетом длительности сроков эксплуатации оборудования, для накопления необходимых массивов данных в целях установления причинно-следственных связей между изменением контрольных параметров и сценариями отказов необходим анализ отказов в масштабах нескольких крупных энергосистем.

Для управления современными электроэнергетическими системами требуется применение интеллектуальных алгоритмов, способных обрабатывать быстрорастущие объемы доступных данных, поступающих от многочисленных датчиков, установленных на первичном силовом оборудовании и интеллектуальных исполнительных устройств, которые появились на месте традиционных вторичных устройств. Для оптимизации выделяемых на обслуживание ресурсов и снижения инвестиций в максимально возможной степени требуются быстрые и надежные модели и инструменты, которые способны производить оценку состояния всего парка оборудования.

Оптимизация управления активами на фоне усиления социальной функции электрификации и растущих требований к повышению доступности энергоснабжения, наряду с обеспечением необходимого уровня надежности, гибкости и устойчивости энергосистем, а также технологического суверенитета становится одним из ключевых приоритетов в области управления и регулирования отрасли.

Организация совместной работы по сбору, систематизации и анализу данных от энергетических компаний на площадке Электроэнергетического Совета СНГ при участии формируемой по поручению Экономического Совета СНГ отраслевой сети научно-экспертного сообщества государств — участников СНГ может стать основой для формирования общей методологической базы по прогнозированию сценариев отказов оборудования и/или определения наименее отказоустойчивых узлов и агрегатов, что даст дополнительные конкурентные преимущества экономикам, снизив тарифное давление через повышение качества управления активами, прогнозируемость аварийных ситуаций и управление сроком службы оборудования.

Формирование при участии ЭЭС СНГ национальных и региональных центров коопераций в области сбора и анализа данных, могло бы стимулировать применение наработанных алгоритмов и рекомендаций к другим отраслям, в которых используется электротехническое оборудование (железнодорожный транспорт, нефте- и газодобыча и др.), а также распространить успешный опыт на другие задачи развития. При этом накопленные в СНГ «банки данных» могут развиваться и дополнять друг друга во взаимодействии с отраслевыми структурами БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай, Южно-Африканская Республика), ШОС (Шанхайская организация сотрудничества) и других объединений.

В рамках международного научно-технического обмена выявляются «открытые» вопросы в области цифровизации электроэнергетики, поиск ответов на которые ведется в международном научном сообществе. Активизация международного научно-технического обмена в рамках СНГ позволит укрепить позиции отраслевой науки стран и принять активное участие в формировании глобального целевого видения энергосистемы будущего.

Правовое регулирование цифровой трансформации государств — участников СНГ

Принимаемые в государствах Содружества стратегические документы и нормативные правовые акты отражают как схожие, так и отличные решения в поддержку цифровой трансформации экономик в целом и секторов электроэнергетики, в частности. Обобщение и анализ этих сходств и различий позволит выявить общие позиции, оценить круг вопросов, требующих согласования, определить направления и формы сотрудничества и сформулировать задачи, требующие совместного решения.

Результаты систематизации стратегических документов, принятых государствами — участниками СНГ в поддержку цифровой трансформации на государственном, отрасле-

вом и корпоративном уровнях, сравнение целей, поставленных в рассмотренных документах, показали, что:

- Все государства Содружества приняли пакеты стратегических документов по трансформации национальных экономик. Эти документы многочисленны и многообразны по форме и содержанию и представляют собой законы, декреты, указы, концепции, стратегии, государственные программы, дорожные карты, постановления правительств, национальные проекты. Таким образом, в государствах — участниках СНГ разработана обширная нормативная правовая база. Эта база регламентирует основные этапы поддержки цифровой трансформации от формулирования основных принципов и задач — законы и стратегии — до определения механизмов использования этих принципов при решении задач, программы и проекты.
- Большинство государств Содружества приняли отраслевые стратегические документы цифровой трансформации электроэнергетики: концепции, стратегические дорожные карты, программы и проекты развития и модернизации отрасли, правила функционирования оптового рынка, стандарты в области информационно-коммуникационных технологий и автоматизации контроля и управления в электроэнергетике. Анализ этих документов показывает, что активизация взаимодействия полномочных органов государств — участников СНГ по вопросам цифровой трансформации электроэнергетики, согласования и гармонизации предлагаемых стратегических документов и стандартов внесла бы существенный вклад в укрепление как национальных секторов электроэнергетики, так и в более согласованное и эффективное развитие общего энергетического потенциала государств Содружества.
- Большинство энергетических компаний Содружества также приняли стратегические документы и реализуют конкретные проекты цифровой трансформации. В этих документах учитываются реалии и тренды развития электроэнергетики, такие как интеграция в энергосистему генерации на основе ВИЭ, появление/наличие реверсивных потоков электроэнергии, регулирование спроса в режиме реального времени, повышение эффективности производства, передачи и распределения электроэнергии, а также повышение результативности инвестиций в инфраструктуру. В условиях параллельной работы энергосистем государств — участников СНГ совместное решение всего комплекса задач, стоящих перед энергокомпаниями, как представляется, должно быть в центре сотрудничества государств Содружества.

В государствах — участниках СНГ цели цифровой трансформации **на государственном уровне** можно в обобщенном виде представить, как:

- создание системы правового регулирования цифровой экономики;
- внедрение цифровых технологий и платформенных решений в сферах государственного управления и оказания государственных услуг, в том числе в интересах населения и субъектов малого и среднего предпринимательства;
- совершенствование функционирования приоритетных отраслей экономики и социальной сферы посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений;
- создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных;

- обеспечение информационной безопасности на основе отечественных разработок при передаче, обработке и хранении данных, гарантирующей защиту интересов личности, бизнеса и государства;
- обеспечение подготовки квалифицированных кадров для цифровой экономики;
- создание «сквозных» цифровых технологий;
- создание системы финансирования проектов по разработке и внедрению цифровых технологий и платформенных решений.

На отраслевом уровне цели цифровой трансформации в государствах — участниках СНГ можно в обобщенном виде представить, как:

- реализация основных положений государственной политики в сфере цифровой энергетики;
- создание возможности для развития распределенной генерации, многочисленных объектов генерации, в том числе на основе ВИЭ;
- обеспечение диверсифицированного и экологически чистого производства электроэнергии;
- достижение среднемировых стандартов эффективности и качества услуг;
- внедрение единой информационной модели CIM, как информационного ядра цифровой трансформации электроэнергетики;
- развитие современных систем управления электроэнергетикой, проработка новых принципов информационного взаимодействия субъектов электроэнергетики, обеспечение их информационной безопасности;
- разработка принципов вовлечения в управление энергопотреблением, как отдельных активных потребителей, так и интеллектуальных микросетей;
- внедрение системы управления ресурсами, автоматизации производственных и управленческих процессов, программно-аппаратного комплекса диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) и системы контроля и учета электрической энергии (АСКУЭ) во всех иерархических уровнях управления электроэнергетики;
- улучшение технического состояния производственных фондов электроэнергетики;
- снижение аварийности объектов электроэнергетики, связанной с их техническим состоянием.

На корпоративном уровне цели цифровой трансформации в государствах — участниках СНГ можно в обобщенном виде представить, как:

- повышение экономической и операционной эффективности энергокомпаний за счет внедрения инновационных технических и управленческих решений, направленных на увеличение срока службы и производительности оборудования;
- развитие технологий повышения надёжности и экономичности эксплуатации оборудования; повышение качества диагностики оборудования и проактивное выявление и устранение производственных рисков; повышение производительности труда;
- создание геоинформационной системы (ГИС) и автоматизированной системы диспетчеризации распределительных сетей;
- реализация электронной торговли на оптовом рынке электроэнергии, стимулирование либерализации розничной торговли, разработка электронной торговой площадки межгосударственной оптовой торговли электроэнергией;

- создание единой информационной системы для удалённой передачи информации из систем учёта электроэнергии потребителей, подключённых к распределительной сети;
- повышение надежности, качества, доступности услуг по передаче электроэнергии, а также развития конкурентных рынков сопутствующих услуг;
- повышение эффективности функционирования энергокомпании за счёт цифровизации энергосбытовой деятельности, трейдинга, ключевых бизнес-процессов в сфере управления производством и фондами, а также за счёт предложения новых цифровых сервисов;
- снижение зависимости от импортного оборудования, развитие промышленной кооперации и укрепление технологического суверенитета;
- снижение негативного влияния на окружающую среду с внедрением цифровизации процессов мониторинга, верификации и учёта выбросов парниковых газов.

Для совместного решения всего комплекса задач, стоящих перед энергокомпаниями в области цифровизации, целесообразно разработать Дорожную карту совместных действий национальных системообразующих энергокомпаний государств Содружества по созданию единого информационного пространства для внедрения унифицированной методики обмена информацией между энергосистемами СНГ на основе общей информационной модели CIM.

Для наглядного отображения степени внедрения международных и национальных стандартов цифровой трансформации электроэнергетики государств — участников СНГ и определения направлений, требующих проработки для создания в этой области унифицированного нормативного правового пространства, используемые стандарты приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что в государствах Содружества применяются ряд международных стандартов, схожих по своему назначению с их национальными аналогами. В некоторых случаях имеет место их конкретная адаптация к национальным условиям (Кыргызская Республика). Национальные стандарты наиболее проработаны в Российской Федерации и Республике Беларусь. Российская Федерация разработала Национальный стандарт для реализации защищенного профиля протокола МЭК³ 60870-5-104. Кыргызская Республика приняла корпоративный стандарт «Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦПС⁴», разработанный ПАО «ФСК ЕЭС»⁵.



Для унификации стандартов и создания единой информационной базы цифровой трансформации электроэнергетики представляется целесообразным распространить внедрение адаптированной к национальным условиям группы стандартов (МЭК 60870, 61850, 61968, 61970) с учетом положительного опыта их применения в Республике Беларусь и Российской Федерации.

³ МЭК – Международная электротехническая комиссия

⁴ ЦПС – цифровая подстанция

⁵ ПАО «ФСК ЕЭС» – Публичное акционерное общество «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы»

Таблица 1. Применение международных и национальных стандартов в государствах – участниках СНГ.

ГОСУДАРСТВО			 Республика Армения	 Республика Беларусь	 Республика Казахстан	 Кыргызская Республика	 Российская Федерация
Применение международных стандартов	ISO/МЭК	Серия стандарта	27000				
	ISO		27001				
	NIST SP		800-53				
	МЭК		60870				
	МЭК		61850				
	МЭК		61968				
	МЭК		61970				
Применение национальных стандартов	ГОСТ Р ⁶	59947-2021					
	ГОСТ Р	58651					
	ГОСТ Р	57114-2016					
	ГОСТ Р	59950-2021					
	ГОСТ Р	59948-2021					
	ТКП ⁷	609-2017					
	СТП ⁸	33240.20.117-18					
	СТП	33240.01.108-22					
	СТО ⁹	56947007-29.240.10.299-2020					

Проекты цифровизации электроэнергетики в государствах – участниках СНГ

Информация об используемых технологиях при реализации проектов цифровизации указывает на уровень цифровой трансформации электроэнергетики в государствах – участниках СНГ, раскрывает перспективные направления для взаимовыгодного сотрудничества и позволяет определить проекты для совместной реализации в Содружестве.

Сопоставление реализованных, реализуемых и планируемых проектов цифровой трансформации электроэнергетики в государствах – участниках СНГ проводилось по степени внедрения (внедрено, ведется работа/планируется/не планируется) информационно-коммуникационных и цифровых технологий, таких как АСКУЭ, SCADA, цифровая подстанция, CIM-model, интеллектуальные сети, управление спросом, цифровой двойник.

Результаты для сопоставления представлены в Таблице 2.




⁶ ГОСТ Р – государственный стандарт России

⁷ ТКП – технический кодекс установившейся практики, утвержденные Государственным комитетом по стандартизации Республики Беларусь

⁸ СТП – стандарт организации Республики Беларусь

⁹ СТО – стандарт организации России и Киргизии

Таблица 2. Внедрение цифровых технологий в электроэнергетике государств — участников СНГ.

ГОСУДАРСТВО	АСКУЭ	SCADA	ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ	СИМ	ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СЕТЬ	УПРАВЛЕНИЕ СПРОСОМ	ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ
 Республика Армения	Blue	Green	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow
 Республика Беларусь	Green	Green	Green	Green	Yellow	Red	Red
 Республика Казахстан	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
 Республика Молдова	Нет информации						
 Российская Федерация	Green	Green	Green	Green	Blue	Green	Blue
 Республика Таджикистан	Green	Green	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Red
 Туркменистан	Нет информации						
 Республика Узбекистан	Green	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow

Индикаторы:

Blue	Green	Yellow	Red
На стадии пилотных проектов	Массово внедрено	Ведется работа/ Планируется	Не планируется

Как видно из таблицы 2, наивысший уровень внедрения в государствах Содружества имеют технологии «АСКУЭ» и «SCADA», в меньшей степени внедрена технология «Цифровая подстанция» (Республика Беларусь, Российская Федерация). Общая информационная модель (СИМ) внедрена и распространяется на большинство бизнес-процессов в Республике Беларусь и Российской Федерации.

Также из таблицы следует, что возможности и перспективы обмена опытом и совместной реализации национальных проектов цифровизации электроэнергетики велики, что ставит задачу интенсификации сотрудничества в области цифровизации электроэнергетики государств — участников СНГ на корпоративном уровне на первый план и подготовки позиции ЭЭС СНГ по этому вопросу.

Формирование центров компетенций

В последнее время организации с наукоёмкой деятельностью начинают создавать свои структуры высококвалифицированных услуг — центры компетенций — структуры, нацеленные на поиск новых знаний, их активное применение и оказание консультативных, сервисных и высокопрофессиональных услуг.

В таблице 3 представлена информация о формировании центров компетенций в области развития цифровых и информационно-коммуникационных технологий в государствах — участниках СНГ.

Таблица 3. Формирование центров компетенций в государствах — участниках СНГ.

ГОСУДАРСТВА	ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕНТРОВ КОМПЕТЕНЦИИ
 Азербайджанская Республика	«Центр развития электронного правительства» [11]
	«Центр анализа и координации Четвертой индустриальной революции»
 Республика Армения	Фонд «Цифровая Армения»
 Республика Беларусь	«Центр цифрового развития» (планируется создание)
	«Центр перспективных исследований в сфере цифрового развития» (планируется создание)
	«Отраслевые офисы цифровизации из числа юридических лиц, подчиненных (входящих в систему) государственным органам и иным государственным организациям, в том числе «офиса цифровизации» в ГПО «Белэнерго»» (планируется создание)
 Российская Федерация	Отраслевой центр компетенций цифровой трансформации - Ассоциация «Цифровая энергетика»
 Республика Таджикистан	Центр искусственного интеллекта и инноваций
 Республика Узбекистан	Единый центр обработки данных (планируется создание) Проект «Внедрение системы диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA), системы управления энергией (EMS) и соответствующих информационных технологий» (создана Группа реализации проекта)

Отраслевые инициативы в области дополнительного профессионального образования

Одним из приоритетных направлений цифровизации энергетики является повышение квалификации или переподготовка работающих инженеров в контексте развития их цифровой грамотности, компетенций и навыков. В государствах — участниках СНГ такая работа ведется в различных форматах высшими учебными заведениями, национальными

ми специализированными учебными и исследовательскими центрами, а также учебными структурами в составе крупных энергетических компаний. В таблице 4 представлены организации, разрабатывающие инициативы в области дополнительного профессионального образования специалистов в области цифровой трансформации энергетики.

Таблица 4. Организации, разрабатывающие инициативы в области дополнительного профессионального образования.

ГОСУДАРСТВА	ОРГАНИЗАЦИИ, РАЗРАБАТЫВАЮЩИЕ ИНИЦИАТИВЫ В ОБЛАСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
 <p>Азербайджанская Республика</p>	<p>Главный управленческий центр Научного, образовательного и лабораторного комплекса ОАО «Азербэнеджи»</p>
 <p>Республика Армения</p>	<p>ЗАО «Высоковольтные Электросети» ЗАО «Научно-исследовательский институт энергетики» Республики Армения</p>
 <p>Республика Беларусь</p>	<p>Учебные центры РУП-облэнерго РУП «Витебскэнерго» (учебный центр)</p>
 <p>Республика Казахстан</p>	<p>Учебные Центры Республики Казахстан</p>
 <p>Кыргызская Республика</p>	<p>Национальная образовательная программа «Системное повышение цифровых компетенций государственных служащих для поддержания цифрового государственного управления» ОАО «НЭС Кыргызстана»</p>
 <p>Республика Молдова</p>	<p>50 университетских программ</p>
 <p>Российская Федерация</p>	<p>Организации, осуществляющие обучение в рамках федеральных проектов «Кадры для цифровой экономики» и «Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»</p>
 <p>Туркменистан</p>	<p>Академия государственной службы при Президенте Туркменистана реализует магистерскую программу по специальности «Цифровое управление»</p>
 <p>Республика Узбекистан</p>	<p>Указ Президента Республики Узбекистан от 05.10.2020 «Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан — 2030»</p>

Заключение

В ближайшие десятилетия цифровые технологии, перечисленные выше, сделают энергетические системы более гибкими и адаптивными.

Цифровая трансформация уже существенно меняет свойства, возможности, а также принципы функционирования энергетических систем, но она также создает новые риски для безопасности и защиты данных.

Цифровизация электроэнергетики для государств — участников СНГ представляет собой один из ключевых инструментов повышения эффективности:

- функционирования отрасли в условиях меняющихся рынков, растущей конкуренции и ужесточения экологических требований;
- мониторинга, сбора и анализа больших массивов данных, их сопоставления и анализа для изучения, моделирования, прогнозирования, и как результат, влияния на функционирование энергосистем.

Большинство государств Содружества разработали отраслевые стратегические документы цифровой трансформации электроэнергетики: концепции, стратегические дорожные карты, программы и проекты развития и модернизации отрасли, которые регламентируют основные этапы поддержки цифровой трансформации от формулирования основных принципов и задач до определения механизмов соблюдения этих принципов и решения задач на национальном уровне. Анализ этих документов показывает, что активизация взаимодействия полномочных органов государств — участников СНГ по вопросам цифровой трансформации электроэнергетики, согласования и гармонизации предлагаемых стратегических документов и стандартов внесла бы существенный вклад в укрепление как национальных секторов электроэнергетики, так и в более согласованное и эффективное развитие общего энергетического потенциала государств Содружества.

Анализ исторического контекста и текущего практического опыта цифровой трансформации электроэнергетики в государствах — участниках СНГ показывает, что при параллельной работе энергосистем стран Содружества целесообразно гармонизировать подходы к управлению цифровой трансформацией электроэнергетики.

Работа в этом направлении реализуется, в частности, в рамках ЭЭС СНГ и задачами сотрудничества в этой области, в частности в рамках Рабочей группы по вопросам цифровой трансформации электроэнергетики ЭЭС СНГ являются:

- формирование гармонизированной терминологической базы;
- формирование единых подходов к управлению цифровой трансформацией электроэнергетики;
- формирование механизмов научно-технического обмена и обмена лучшими практиками в области цифровой трансформацией электроэнергетики, в том числе среди молодых специалистов.

Также, в рамках разработки проекта Концепции сотрудничества государств — участников СНГ в сфере энергетики до 2035 года решением 60-го заседания ЭЭС СНГ от 14 июля 2020 года Исполнительному комитету ЭЭС СНГ поручено включить вопросы цифровой трансформации электроэнергетики в отраслевой раздел Концепции.

Совершенствование управления энергосистемами государств — участников СНГ и внедрение цифровых технологий представляется менее эффективным без активного научно-технического сотрудничества представителей системообразующих компаний и академического сообщества стран Содружества.

Необходимо активизировать сотрудничество государств Содружества в области циф-

ровой трансформации электроэнергетики, в том числе на площадке ЭЭС СНГ, опираясь на существующий значительный ресурс развития научно-технической и промышленной кооперации и собственные возможности государств, а также на позитивный исторический опыт реализации крупномасштабных отраслевых проектов. Необходимо активно масштабировать лучшие практики внедрения цифровых технологий и решений в компаниях отрасли.

Результатом такого сотрудничества станет повышение конкурентоспособности экономик государств — участников СНГ.

Литература

1. Электроэнергетика России. История и перспективы развития / под общей ред. А.Ф. Дьякова. — М.: АО «Информэнерго», 1997. 568 с.
2. Материалы юбилейной сессии ученого совета, посвященные 40-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции и 25-летию Энергетического института АН СССР. — М., 1958. 125 с.
3. К 100-летию образования системы оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике России. История оперативно-диспетчерского управления: 1921–2021. М., 2021. 416 с.
4. Электроэнергетика в национальных проектах / под ред. Н.Д. Рогалева. — М., 2020. — 344 с.
5. <https://www.so-ups.ru/functioning/tech-base/digital-rem-control/>
6. <http://energo-cis.ru/>
7. <http://energo-cis.ru/wyswyg/file/Sborniki%20NPD/2008%D1%871%D1%801%D0%9F%D0%BE%D0%BB%20%D0%BE%20%D0%AD%D0%AD%D0%A1%20%D0%A1%D0%9D%D0%93.pdf>
8. <http://energo-cis.ru/rumain11/>
9. <http://energo-cis.ru/wyswyg/file/Sborniki%20NPD/2008%D1%871%D1%801%D0%A1%D0%BE%D0%B3%D0%BB%20%D0%BE%20%D0%BA%D0%BE%D0%BE%D1%80%D0%B4.pdf>
10. http://energo-cis.ru/wyswyg/file/strategiya_vzaim_iya_i_sotr_va_gos_v_sng_v_obl_ti_elen_ki_bez_prii.pdf
11. <https://ru.president.az/articles/30657>

Образование:

ЮНЕСКО призывает к «глобальной мобилизации»

30/06/2022

В присутствии более 150 министров ЮНЕСКО обратила внимание на двойной кризис, который в настоящее время затрагивает сферу образования: кризис обучения и бюджетный кризис. Генеральный директор Организации Одрэ Азуле призвала к «глобальной мобилизации усилий, чтобы поставить образование на первое место в повестке дня и достичь Целей устойчивого развития».



В 2019 году ЮНЕСКО уже предупреждала, что достичь цели «качественное образование для всех к 2030 году» будет непросто.

«Пандемия усугубила глобальный кризис образования. Закрытие школ привело к значительным потерям в обучении. В странах с низким и средним уровнями дохода 70% 10-летних детей не могут понять простой письменный текст — по сравнению с 57% в 2019 году. Без мер поддержки эти молодые люди столкнутся со значительными трудностями при продолжении образования и интеграции в состав рабочей силы. Тогда мы столкнемся с серьезным социальным кризисом. Сегодня я обращаюсь с призывом к действию: если мы хотим достичь Целей в области устойчивого развития, то образование должно вновь стать одним из главных приоритетов международного сообщества» — Одрэ Азуле, Генеральный директор ЮНЕСКО.

Согласно оценке ЮНЕСКО, Всемирного банка и ЮНИСЕФ, опубликованной 24 июня 2022 года, задержки в обучении также окажут серьезное воздействие на экономику.

В глобальном масштабе они будут представлять собой совокупную потерю богатства для нынешнего поколения школьников в размере около 21 триллиона долларов. Предыдущая оценка в 2021 году составляла 17 триллионов долларов, так что за последний год ситуация продолжала ухудшаться.

В дополнение к этому кризису обучения существует кризис финансирования. Согласно другому исследованию, проведенному ЮНЕСКО и Всемирным банком, 40% стран с низким и средним уровнями дохода сократили свои расходы на образование во время пандемии. Среднее сокращение составило 13,5%. Однако летом 2022 года бюджеты все еще не вернулись к уровню 2019 года.

«Эти колебания в финансировании образования в это критическое время вызывают у нас обеспокоенность. Когда государственное финансирование сокращается, именно семьям приходится увеличивать свой финансовый вклад. И чем больше расходов на образование ложится на семьи, тем больше риск усиления неравенства» — Стефания Джаннини, Заместитель Генерального директора ЮНЕСКО по вопросам образования.

Вопрос о средствах тем более важен, что образование также должно трансформироваться в свете новых вызовов XXI века. Как показал недавний [доклад ЮНЕСКО «Перспективы образования»](#), учебные программы и преподавание должны быть адаптированы к таким проблемам, как климатический кризис и цифровая революция.

Мангровые заросли уникальны, необычны и находятся под угрозой



Deepak Sudhakaran/Shutterstock.com

26/07/2022

ЮНЕСКО активно занимается мониторингом, научными исследованиями и устойчивым использованием мангровых лесов. Включение мангровых зарослей в список объектов ЮНЕСКО, таких как биосферные заповедники, объекты Всемирного наследия и глобальные геопарки, способствует улучшению знаний, управлению и сохранению мангровых экосистем по всему миру.

Международный день охраны мангровой экосистемы, ежегодно отмечаемый 26 июля, направлен на повышение осведомленности о важности мангровых лесов для человечества. В 2022 году ЮНЕСКО выпустила [глобальную серию плакатов о мангровых экосистемах](#) в мире.

Сегодня эти уникальные, экстраординарные и уязвимые экосистемы находятся под серьезной угрозой. По оценкам, более половины всех мангровых лесов в мире были потеряны в результате прибрежной аквакультуры, сельского хозяйства, обезлесения, развития туризма и изменения климата.

Мангровые заросли необходимо сохранить, они не только служат естественным питомником для рыболовства и защиты от береговой эрозии, а также имеют очень высокие показатели первичной продуктивности в начале морской пищевой цепочки. Другими словами, чем больше мангровых зарослей, тем больше в них будет морепродуктов. Более того, мангровые заросли классифицируются как экосистемы с голубым углеродом, обладающие превосходной и долговременной способностью к поглощению углерода по сравнению с наземными лесами, и могут стать [источником чистой энергии](#).

Глобальная сеть обучающихся городов ЮНЕСКО:

77 новых членов из 44 стран



2/09/2022

В 2022 году к [Глобальной сети обучающихся городов ЮНЕСКО \(GNLC\)](#) присоединились 77 городов из 44 стран. В их числе [Сатка — небольшой городок в самом сердце Южного Урала](#) — промышленный центр, включающий в себя крупнейшее в мире огнеупорное производство, а также районы природной красоты.

Глобальная сеть обучающихся городов ЮНЕСКО, позволяющая своим участникам обмениваться идеями и готовыми решениями, преследует две главные цели: обеспечение всеобщего и равноправного доступа к качественному образованию путем создания возможностей для обучения на протяжении всей жизни для всех и построение открытых, безопасных и жизнестойких городов, основанных на принципах устойчивого развития. Благодаря 77 новым членам общее число городов, входящих в состав GNLC ЮНЕСКО, достигло 294 в 76 странах.

Источник: www.unesco.org

Производство жидкого биотоплива

как перспективный сегмент энергетического хозяйства



Матвеев Игорь Евгеньевич

Исполнительный директор МЦУЭР,
ответственный секретарь Редакционной коллегии журнала
«Энергетический вестник»

matveev@isedc-u.com

Аннотация

При рассмотрении вопросов, относящихся к использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ), и, в частности, производством и потреблением энергоносителей из веществ, связанных с органической жизнью, в первую очередь необходимо обратиться к базовым терминам и определениям: «биомасса», «отходы» и «биотопливо».

Согласно нормативной базе Российской Федерации, биомасса — это все виды веществ растительного и животного происхождения, продукты жизнедеятельности организмов и органические отходы, образующиеся в процессах производства и потребления продукции и на этапах технологического цикла отходов. В свою очередь отходы — остатки продуктов или дополнительный продукт, образующийся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемый в непосредственной связи с этой деятельностью.

Биомасса подразделяется на два вида: первичную и вторичную. Первичная биомасса — неископаемый органический материал, прямо или косвенно произведенный путем фотосинтеза. Вторичная биомасса — продукты жизнедеятельности и органические отходы, образующиеся в процессе переработки¹. Из биомассы и производятся различные виды энергетического сырья с использованием термохимических и/или биологических технологий.

Итак, биотопливо — это твердое, жидкое или газообразное топливо, получаемое из биомассы термохимическим или биологическим способом².

Биомасса обладает свойством накопления в ходе постоянно существующих и/или периодически возникающих процессов в жизненном цикле растительного и животного мира, а также жизнедеятельности человеческого общества. Это позволяет рассматривать продукт её переработки (биотопливо) в качестве энергоносителя.

Отметим, разработчики российских нормативных документов учитывали терминологию, принятую в Евросоюзе, указанную, например, в «Распоряжении Европейского парламента и Совета Европейского союза от 8 мая 2003 г. N 30 «О мерах по стимули-

¹ Национальный стандарт Российской Федерации «Нетрадиционные технологии, Энергетика биоотходов. Термины и определения», ГОСТ Р 502808-2007, действует с 01.01.2009 г. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов, URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200067090>, дата обращения: 20.06.2022 г.

² Там же

рованию использования биологического топлива в транспортном секторе», с целью сохранения смыслов терминов в рамках регионального экономического пространства.

Конечный продукт — биотопливо — классифицируют по различным параметрам.

Во-первых, по агрегатному состоянию: твердое, жидкое и газообразное.

Во-вторых, по уровню передела: первичное (применяется в необработанном виде) и вторичное.

Вторичное биотопливо, в зависимости от типа исходного сырья и технологии переработки, подразделяется на три категории (поколения). Первое поколение энергоносителя производится в основном из пищевых продуктов — сахара, крахмала, растительных масел и животных жиров путем использования известных и опробованных технологий.

Второе поколение — из древесной или волокнистой биомассы, содержащей полезные сахара в целлюлозе и лигнине, то есть из непищевых частей растений, технических сельскохозяйственных культур, отходов масложировой, деревообрабатывающей и других видов промышленности.

Сырьем для выпуска биотоплива третьего поколения являются водоросли.

В настоящее время к категории «жидкое топливо биологического происхождения» относятся спирты (этанол, метанол и бутанол) и биодизельное топливо, эфиры и мазут/нефть³.

В рамках данной статьи рассматриваются вопросы, связанные с производством и потреблением биоэтанола и биодизельного топлива, которые в настоящее время выпускаются во всех регионах мира и применяются в двигателях внутреннего сгорания, как правило, в смеси с топливами, имеющими «ископаемую основу». При подготовке данной статьи в основном использовались статистические данные, ежегодно публикуемые компанией «British petroleum» в течение более 70 лет.

Ключевые слова

Биотопливо, биомасса, ВИЭ, отходы, энергетика, бионефть, биоэтанол.

Развитие возобновляемой энергетики в XXI веке: глобальный контекст

В первом десятилетии наступившего века в мировом хозяйстве был взят курс на расширение использования ВИЭ. Соответствующие меры стали частью антикризисных программ развитых стран — крупнейших нетто-импортеров углеводородов. Так, Япония провозгласила отказ от ввоза ископаемого топлива в период до 2030 г. В США затраты на реализацию проектов в секторе альтернативной энергетики увеличились в десять раз. Страны Евросоюза объявили о программе «20–20–20», содержащей в том числе идею о том, что к 2020 г. будут созданы надежные промышленные технологии, позволяющие широко использовать низкоуглеродные энергоносители.

Наращивание поддержки отраслевой науки позволило резко увеличить эффективность НИОКР. В период глобального финансово-экономического кризиса 2008 г. в мировой структуре патентных заявок на сферу ВИЭ приходилось около 50%. Основным двигателем спроса на современные технологии и инновационные продукты стали высокотехнологичные отрасли, связанные с электроникой и оптикой, автомобилестроением и авиастроением, медициной⁴.

³ Здесь имеются в виду биоэтанол, биометанол, биобутанол, биодизельное топливо, биоэфиры и биомазут/бионефть

⁴ Плакиткин Ю.А., Новый технологический трек мировой экономики и его влияние на вектор развития мировой энергетики, Киберленинка, 2011, URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-tehnologicheskyy-trek-mirovoy-ekonomiki-i-ego-vliyanie-na-vektor-razvitiya-mirovoy-energetiki>, дата обращения: 11.07.2022 г.

Технологии производства жидкого биотоплива первого поколения не являются новым изобретением. Человечеству давно известны такие продукты переработки биомассы, как этанол, масла, жиры, произведенные из различного сырья. Отметим, в настоящее время в промышленных масштабах выпускается жидкое биотопливо первого поколения. Сырьем служат сахароносные и крахмалистые культуры, масла растительного и животного происхождения. От вида исходного сырья зависят эксплуатационные характеристики конечного продукта.

Способы производства биотоплива второго и третьего поколения нацелены на переработку химически сложных веществ, для преобразования которых требуется затратить значительное количество энергии. В настоящее время эти технологии продолжают развиваться. Несмотря на оптимизм начала 2000-х годов, к концу второго десятилетия XXI века лишь по незначительному числу направлений был достигнут прогресс, позволивший организовать локальное малотоннажное производство (зачастую, при значительное государственной поддержке).

Особенности производства биодизельного топлива

Биодизельное топливо — сложный метиловый эфир, получаемый из масел растительного или животного происхождения и используемый в основном в качестве добавки в традиционное дизельное топливо. Данный энергоноситель может производиться из более чем 50 видов масличных культур (подсолнечника, рапса, сои, хлопка, льна, пальмы, арахиса и других). Имеются сведения о получении его из горчицы, фундука, оливы и бука. Технология производства относительно проста. Масло семян очищается от механических примесей, в него добавляется метиловый спирт, затем — щелочь, которая служит катализатором реакции переэтерификации. Смесь нагревается до 50°C и охлаждается, при этом она расслаивается на две фракции — легкую (метиловый эфир — биодизель) и тяжелую (глицерин). На современном этапе основными сельскохозяйственными культурами для производства биодизельного топлива являются рапс, подсолнечник, соя и пальма. Животные жиры и отходы пищевых жиров пока не получили широкого распространения.

Рапс имеет высокую урожайность, а рапсовое масло — достаточно высокую стойкость к окислению и относительно низкое содержание йода (менее 120 ед.)⁵. Эта культура благоприятно влияет на структуру почвы и позволяет увеличивать урожайность зерновых культур при севообороте. Например, в Европе, исходя из текущей конъюнктуры, уровня производственных издержек, доступности сырья и требуемых физико-химических характеристик топлива, наиболее подходящим полуфабрикатом для производства топлива является рапсовое масло, которое может быть использовано в качестве основы моторного топлива (смесь рапсового масла и традиционного дизельного топлива получила название смесового дизельного топлива — «биодит») или его компонента (в виде метилового эфира рапсового масла). Рапсовое биодизельное топливо отвечает европейскому стандарту EN 14214 и может использоваться в условиях мягкой зимы региона.

Урожай **подсолнечника** ниже, чем аналогичный показатель у рапса, и его выращивание рентабельно в странах с теплым и сухим климатом. Содержание йода в подсолнечном масле превышает уровень в 120 ед., поэтому его смешивают с другими видами масел.

⁵ Количественной мерой ненасыщенности биодизельного топлива является йодное число (ЙЧ), рассчитываемое как масса йода (г), присоединяющегося к 100 г топлива. Чем выше йодное число, тем больше ненасыщенных кислот содержится в биодизеле и тем ниже его окислительная стабильность. Согласно требованиям стандарта EN 14214, йодное число биодизеля не должно превышать 120. Как правило, жирнокислотный состав сырья, используемого для производства биодизеля, удовлетворяет этому требованию, однако ряд биоресурсов (масло виноградных косточек, соевое, подсолнечное) из-за высокого содержания ПНЖК имеют более высокие значения ЙЧ (128-138), что снижает окислительную стабильность топлива. – Прим. ред.

Масло **сои** в качестве сырья для изготовления дизельного биотоплива получило широкое распространение в США и Аргентине. Оно имеет повышенное содержание йода (более 120 ед.), но американский стандарт D-6751-02 не содержит ограничений по данному показателю.

Масло, полученное из **пальмы**, используется преимущественно в Малайзии. Пальмовый биодизель может применяться в регионах с теплым климатом (или в смеси с другим топливом), поскольку он теряет необходимую текучесть при температурах ниже 11°C.

Животные жиры и отходы переработки пищевых жиров содержат повышенное количество полимеров и потребляются в основном в государствах, где стоимость такого сырья невысока.

Применение **других видов растительных и животных масел** нуждается в дополнительных исследованиях. Например, в Никарагуа продолжают работы по производству биодизельного топлива из ореховых масел, в Греции — из хлопкового масла.

Деловая история: опыт Евросоюза. В ЕС примерно 80% биодизельного топлива изготавливается из рапса. Производственные издержки биоэнергетических компаний зависят от территории (страны), стоимости исходного сырья и превышают примерно в два раза затраты нефтеперерабатывающих предприятий. Данный факт свидетельствует о том, что в ЕС развитие биотопливной промышленности невозможно без участия государства. Несмотря на обязательства, взятые в рамках ВТО⁶, страны Евросоюза оказывают поддержку производителям в виде субсидий, льготных ставок налогообложения, путем повышения пошлин на импорт конкурирующей продукции и др. Для того, чтобы не обострять ситуацию и не вызывать хозяйственных споров, подобные меры вводятся на определенный период времени. Во Франции, в Италии, Швеции и Греции биодизельным предприятиям предоставлен широкий набор налоговых послаблений, однако им устанавливаются квоты на выпуск топлива.

На рынке биодизельного топлива Европы у национальных предприятий имеются зарубежные конкуренты. Так, начиная с 2007 г. компании США на регулярной основе поставляют соевое биотопливо «В-99», которое имеет более низкую стоимость. В 2009 г. Европейская комиссия рассмотрела соответствующую жалобу местных биодизельных компаний и приняла антидемпинговые меры, однако продукция продолжала поступать на европейский рынок через территорию стран, не входящих в ЕС, под другими торговыми марками, например, «В-19». В конце 2000-х годов еще одной неприятностью для европейских компаний отрасли стало расширение ввоза данного вида топлива Аргентиной, причем по заниженным ставкам таможенных пошлин. Эта ситуация возникла по причине декларирования товара как соевое масло, которое облагалось таможенным сбором в 20%, что на 12% ниже, чем аналогичный показатель для моторного топлива.

Высокие темпы производства биотоплива привели к нехватке сырья, необходимого для пищевой промышленности ЕС из-за ограниченности площадей сельскохозяйственных земель.

Отметим, согласно действующим нормам, площадь посевных площадей под технические культуры, из которых производится биотопливо первого поколения, не должны превышать 8% суммарной посевной площади страны-члена. В Западной Европе этот показатель практически достигнут, поэтому дальнейшие планы развития сектора связаны с государствами Центральной и Восточной Европы, Балтии (возможно, и Украины), которые в среднесрочной перспективе рассматриваются в качестве «точек роста» отрасли.

В ЕС ведется работа по поиску технических культур, обладающих необходимыми характеристиками для их выращивания на территориях, непригодных для земледелия. Для Западной Европы требуемым параметрам отвечают быстрорастущая ива и мискан-

⁶ ВТО – Всемирная торговая организация. Страны, вступившие в ВТО, помимо гармонизации своих законодательных актов, должны исключить любые барьеры и сделать политику в области торговли прозрачной. – Прим. ред.

тус (многолетнее растение с низкой потребностью в удобрениях и воде, обладает повышенным фотосинтезом и благоприятно влияет на структуру почвы, урожайность — 50–75 т/га), а для субтропической и тропической зоны ЕС — эвкалипт. Энергетический потенциал ивы и эвкалипта превышает аналогичный показатель для ветра или солнца за счет высокой стабильности получения сырья (сбора урожая), что позволяет вырабатывать «чистую» энергию в более стабильном режиме.

Таким образом, на современном этапе для выпуска биодизельного топлива одним из наиболее распространенных видов сырья является рапс и его ГМО-версия — канола, урожайность которых позволяет производить примерно 1190 л масла с 1 га. Для сои данный показатель составляет 446 л, льна — 478 л, арахиса — 1059 л, пальмы — 5950 л, при этом из 1 т растительного масла и 111 кг спирта (в присутствии 12 кг катализатора) вырабатывается около 970 кг (1100 л) биодизеля и 153 кг первичного глицерина.

Специфика выпуска биоэтанола

Биоэтанол первого поколения (этиловый спирт) получают путем переработки растительного крахмалосодержащего сырья (пшеницы, кукурузы, сахарного тростника, сахарной свеклы, отходов сельскохозяйственных культур и других), доля которого в себестоимости конечного продукта составляет 70–80% (таблица 1).

Таблица 1. Примерная выработка биоэтанола из 1 т сырья⁷.

	ЭТАНОЛ (Л)	ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ (КГ)	УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ (КГ)
Пшеница	375	330	370
Рожь	357	390	350
Ячмень	330	430	320
Кукуруза	410	300	400

Расчетные данные по выработке этанола из 1 т сырья по сухому весу следующие (литры): кукуруза (зерно) — 470, стебли кукурузы — 427, рисовая солома — 415, отходы очистки хлопка — 215, листовые опилки⁸ — 381, багасса — 421, макулатура — 439 (таблица 2).

Таблица 2. Производство сырья и примерная стоимость этилового спирта⁹.

	ПРОИЗВОДСТВО СЫРЬЯ (Т/ГА)	СТОИМОСТЬ СПИРТА (ДОЛЛ./КУБ. М)
Сахарная свекла	2,5–3,0	300–400
Сахарный тростник	3,5–5,0	160
Кукуруза	2,5	250–400
Пшеница	0,5–2,0	380–400
Картофель	1,2–2,7	800–900
Сорго	3,0–5,0	200–300
Кассава	1,5–6,0	700

⁷ Источники: «Cleandex»; И. Матвеев, «Производство биотоплива в мире и РФ», Всероссийский научно-исследовательский конъюнктурный институт (ВНИКИ), 2010 г., URL: <http://www.vniki.ru/site/LSP7A37A6>

⁸ Имеется в виду «опилки листовых пород деревьев». – Прим. ред.

⁹ Источники: «Коммерческая биотехнология», «Renewable energy world, 2004»; И. Матвеев, «Производство биотоплива в мире и РФ», Всероссийский научно-исследовательский конъюнктурный институт (ВНИКИ), 2010 г., URL: <http://www.vniki.ru/site/LSP7A37A6>

На транспорте биоэтанол используется, как правило, в смеси с бензином. В США, Европе, Австралии и Таиланде широкое распространение получило топливо марок «Е-5», «Е-7», «Е-10» и «Е-85» (доля спирта — 5, 7, 10 и 15% соответственно). Эти виды энергоносителя могут использоваться в двигателе внутреннего сгорания без внесения в его конструкцию соответствующих изменений. В Бразилии и Аргентине биоэтанол реализуется почти в чистом виде под маркой «Е-100» (содержание биоэтанола — 96%, воды — 4%), но при температуре окружающей среды ниже 15°C его воспламенение нестабильно, поэтому местные транспортные средства с двигателями «Flex-Fuel» оборудованы небольшим дополнительным баком для бензина (в условиях относительно низких температур первоначальный запуск двигателя осуществляется с использованием традиционного топлива). Из-за более низкой энергоемкости этанола, по сравнению с традиционным бензином, его расход на единицу пробега примерно на 25–37% больше.

Деловая история: страны Америки. В США биоэтанол выпускают в основном из кукурузы (биодизельное топливо — из сои). В стране создана система сбора и переработки отходов алкогольной промышленности. В статистике министерства энергетики данный вид биотоплива учитывается в разделе «переработка древесных отходов и отходов производства алкогольной продукции». Внутренний рынок этанола защищен высокими ввозными пошлинами, что сдерживает импорт.

В августе 2005 г. приняты «Энергетический билль» («Energy Policy Act of 2005») и «Стандарт по производству топлива из ВИЭ» («Renewable Fuels Standard»), которые создали условия для расширения производства этанола из зерновых культур и целлюлозы (стеблей кукурузы, рисовой соломы, отходов лесной промышленности и т. д.).

В Аргентине правительство поддерживает компании сектора путем предоставления налоговых льгот. Минимально допустимое содержание биотоплива в моторном топливе регулируется специальным законом.

В Бразилии в структуре внутреннего потребления моторного топлива доля этанола, получаемого из сахарного тростника, составляет около 18%. В стране подавляющее большинство новых автомобилей (более 90%) имеют оборудование, позволяющее использовать смесь бензина и этанола или чистый этанол. Конкурентным преимуществом Бразилии является достаточно низкая себестоимость производства за счет благоприятных климатических условий и невысоких затрат на оплату труда. Ряд ведущих мировых энергетических концернов («Schell», «BP» и др.), компании из США, Европы и АТР¹⁰ участвуют в соответствующих совместных проектах. К сфере интересов зарубежных инвесторов относятся производство биотоплива первого поколения из сахарного тростника, отходов древесины и строительство инфраструктурных объектов (в том числе создание сети трубопроводов от мест промышленного производства до морских портов).

Деловая история: страны СНГ. В наступившем веке на территории стран-членов СНГ первым крупным производителем биоэтанола стал Казахстан, где в 2006 г. был введен в эксплуатацию завод мощностью 57 тыс. т спирта в год (годовая потребность в пшенице — 220 тыс. т).

Россия обладает значительным потенциалом ВИЭ, включая промышленные, сельскохозяйственные, лесные ресурсы и коммунальные отходы. В промышленности аккумулируется более 390 млн т отходов в год (по сухому веществу), в лесной промышлен-

¹⁰ АТР — Азиатско-Тихоокеанский регион. — Прим. ред.

ности и деревообработке — 700 млн т, в сфере ЖКХ (твердые бытовые отходы) — 70 млн т, из них 10 млн — коммунальные стоки. Потенциал агропромышленного комплекса оценивается в 773 млн т отходов, из которых можно произвести не только жидкое топливо, но и около 66 млрд куб. м биогаза и 112 млн т удобрений. Использование биотоплива может позволить сократить зависимость предприятий от централизованного энергоснабжения и снизить затраты на хранение отходов.

Несмотря на имеющийся значительный потенциал данная сфера энергетики России развита слабо. Основными факторами, сдерживающими развитие отрасли, являются следующие: — высокие акцизные ставки в производстве спирта; — отсутствие нормативной базы, стимулирующей производство топливных смесей и их реализацию в розничной сети; — неготовность транспортного сектора к потреблению подобных энергоносителей по техническим причинам; — специфические особенности биотоплива (высокая температура замерзания, более низкая теплотворность по сравнению с традиционным моторным топливом и др.).

Кроме того, расширение выпуска биотоплива без соответствующих мер поддержки сельского хозяйства может стать причиной снижения рентабельности животноводства в случае увеличения цен на зерно, кукурузу, и другие культуры в связи с ростом спроса на них со стороны производителей биотоплива, привести к дефициту зерна на внутреннем рынке.

Мировой выпуск и потребление биотоплива: опыт последних 11 лет

В 2000-х годах в тройку стран-лидеров по выпуску входили США (45,6% мирового производства), Бразилия (29,2%) и ФРГ (3,9%).

Отметим, в Западном полушарии интерес к биотопливу усилился в 70-х годах прошлого века в период энергетических кризисов, при этом США, Бразилия и ряд других стран решали не только задачи, связанные с энергетикой, но и развитием сельского хозяйства, промышленности, социальной сферы.

В период с 2011 г. по 2021 г. выработка увеличилась примерно на 45% — с 1197 тыс. до 1747 тыс. барр. н. э. в сутки. В региональном разрезе ситуация следующая. Наиболее весомый вклад в развитие отрасли внес Азиатско-Тихоокеанский регион, где за последние 20 лет производство увеличилось в три раза. В государствах Евросоюза данный показатель вырос примерно на 50%, в Центральной и Южной Америке — на 40%, в Северной Америке — на 15%.

В 2021 г. значительные объемы биоэтанола и биодизельного топлива выпускали страны, характеризующиеся благоприятными почвенно-климатическими условиями: США, Бразилия, Индонезия, Китай, ФРГ и Франция.

Данные, характеризующие развитие отрасли, и список ведущих стран-производителей представлены на рисунке 1 в таблице 3.

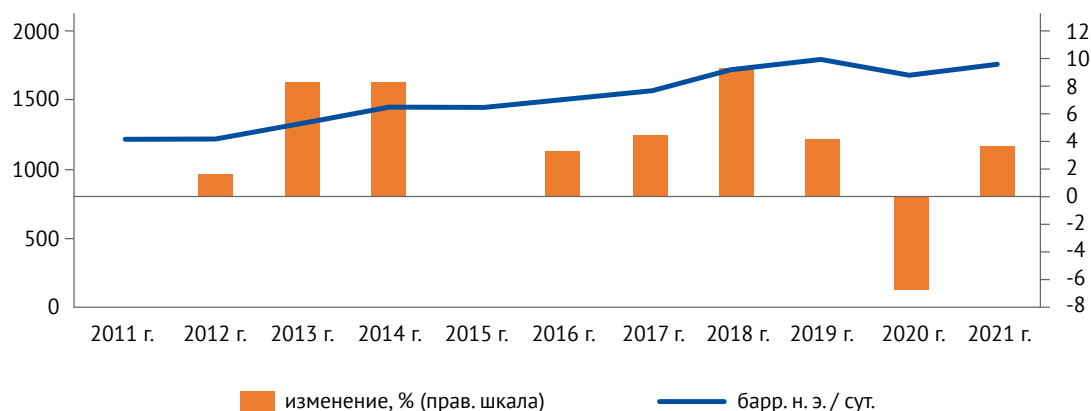


Рис. 1. Производство биоэтанола и биодизельного топлива в мире в 2011–2021 гг., тыс. барр. н. э./сут.¹¹

Таблица 3. Крупнейшие страны-производители биотоплива в 2021 г.¹²

№ П/П	СТРАНА	ВЫПУСК, БАРР. Н. Э. В СУТКИ	ДОЛЯ В МИРОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ, %
1.	США	643	36,8
2.	Бразилия	376	21,5
3.	Индонезия	140	8,0
4.	Китай	64	3,7
5.	ФРГ	54	3,1
6.	Франция	48	2,7
7.	Таиланд	40	2,3
8.	Нидерланды	38	2,2
9.	Индия	37	2,1
10.	Испания	32	1,8
11.	Канада	22	1,3
12.	Италия	21	1,2
13.	Польша	19	1,1
14.	Респ. Корея	15	0,9
15.	Великобритания	10	0,6

В 2021 г. ведущими потребителями биодизельного топлива являлись страны Евросоюза (более 1/3 глобального спроса), АТР и Северной Америки, биоэтанола — государства Северной Америки (около 50% мирового потребления), АТР и Южной Америки (таблица 4).

¹¹ Источник: рассчитано по данным BP Statistical Review of World Energy 2022 | 71st edition, URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>

¹² Там же

Таблица 4. Потребление биотоплива ведущими субъектами хозяйственной деятельности в 2021 г.¹³

ПОКАЗАТЕЛЬ	БИОДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО		БИОЭТАНОЛ	
	ТЫС. БАПП. Н. Э. В СУТКИ	УДЕЛЬНЫЙ ВЕС В МИРОВОМ ПОТРЕБЛЕНИИ, %	ТЫС. БАПП. Н. Э. В СУТКИ	УДЕЛЬНЫЙ ВЕС В МИРОВОМ ПОТРЕБЛЕНИИ, %
Канада и Мексика	161	20,5	503	47,9
Бразилия	101	12,8	311	29,6
Страны АТР	209	26,6	107	10,2
Евросоюз	278	35,3	67	6,3
США	11	1,4	32	3,0

В глобальном масштабе биотопливо практически не влияет на потребление жидких видов топлив. Относительно интенсивно оно применяется локально, на отдельных территориях. В структуре мирового спроса на моторное топливо удельный вес биоэтанола оценивается в 4,3%, биодизельного топлива — в 2,8%.

Перспективы развития биотопливной промышленности

Логичным этапом развития отрасли является создание промышленных технологий производства биотоплива второго и третьего поколений, ориентированных на переработку лигноцеллюлозной биомассы, получаемой из непищевого сырья, водорослей, промышленных и бытовых отходов, которая более устойчива к расщеплению. Это не только перспективное направление в «чистой» энергетике, но и средство устранения противоречий между предприятиями продовольственной сферы и энергетическими компаниями.

Соответствующие методы являются более сложными и дорогостоящими, хотя на этапе подготовки сырья к переработке производственные затраты ниже, чем аналогичный показатель для биотоплива первого поколения.

Непосредственное преобразование целлюлозы в этанол включает расщепление целлюлозного и гемицеллюлозного компонентов биомассы до сахаров, из которых затем получают этанол путем ферментации. Первая стадия этого технологического процесса представляет сложную техническую задачу, что и является основным препятствием для организации промышленного производства биотоплива второго поколения.

Отметим, целлюлозная биомасса — наиболее распространенный биологический материал на земле, а его потенциальным источником являются все целлюлозные отходы, в том числе отходы сельского хозяйства (солома, стебли, листья и т. д.), лесоводства, переработки некоторых видов сырья (ореховая скорлупа, багасса сахарного тростника, опилки и пр.), органические компоненты муниципальных отходов и другие источники. При этом необходимо учитывать, что чрезмерное извлечение целлюлозной биомассы из естественного оборота может иметь негативные последствия для окружающей среды, поскольку разлагающаяся биомасса позволяет естественным образом сохранять природный баланс, то есть поддерживать уровень плодородия и естественную структуру почв.

С экологической точки зрения зерновой этанол превосходит все виды топлива из ископаемого сырья, а этанол, произведенный из биомассы (целлюлозы), будет следующим значительным шагом в развитии данного направления.

¹³ Там же

В качестве сырья для биоэтанола второго поколения наиболее перспективными считаются специальные целлюлозные энергетические культуры (ЦЭК), к которым относятся древесные культуры с коротким вегетационным периодом, например ива, гибридный тополь и эвкалипт, некоторые травянистые культуры (мискантус, просо прутьевидное, канареечник тростниковидный и др.). По сравнению с крахмалистыми и масличными культурами, которые используются для выработки биотоплива первого поколения, ЦЭК способны производить большее количество биомассы из расчета на 1 га земли, поскольку в качестве сырья для переработки в топливо может использоваться все растение, включая корневую систему. Некоторые быстрорастущие многолетники например, древесные культуры и высокотравье, могут произрастать на бедных, истощенных почвах, где выращивание продовольственных культур невыгодно из-за эрозии почвы или по иным причинам. Оба этих преимущества могут позволить снизить растущую конкуренцию за земельный ресурс между энергетическими компаниями и производителями продовольствия и кормов. Серьезным недостатком некоторых видов ЦЭК является их негативное влияние на водные и биоресурсы, сельское хозяйство из-за высокой скорости расширения ареала произрастания в случае ослабления контроля за посадками.

Таким образом, одним из приемлемых методов получения необходимого сырья может служить организация плантаций ЦЭК с высокой плотностью посадки. Периодичность сбора урожая составляет 2–5 лет, а проведение селекционной работы может позволить значительно увеличить (в 3–4 раза) производство сырья. Для посадок ЦЭК могут быть использованы заброшенные угодья и свободные площади, в том числе для организации лесозащитных полос.

Еще одним перспективным видом сырья являются водоросли, которые обладают более высокой энергоемкостью, чем соя и рапс. Так, из одного акра¹⁴ посевов сои в год производится 189 л биотоплива, рапса — 568 л, морских водорослей — в десятки раз больше — около 40 тыс. л (примерно 37,8 т).

Использование муниципальных бытовых отходов (твердых и жидких) для производства энергоносителей обусловлено в основном проблемой их утилизации методом захоронения (нехваткой соответствующих площадей, негативным влиянием мусорных полигонов на окружающую среду), но их вклад в суммарное производство жидких энергоносителей пока незначителен.

С целью расширения выпуска жидкого биотоплива второго поколения в ряде стран ведутся НИОКР и действуют экспериментальные производства.

Существуют и другие перспективные направления развития биотопливной промышленности. Так, в настоящее время в мире и России создаются термохимические технологии, позволяющие получать продукт, называемый бионефтью.

Бионефть как потенциальный источник энергии

Подобный энергоноситель может использоваться в качестве печного топлива в котельных и на иных подобных объектах, а при улучшении его характеристик — на транспорте. При цене исходного сырья около 20 долл. США/т себестоимость выпуска бионефти/биомазута оценивается в 200 долл. США/т. Производственные энергозатраты не превышают 15% выработанной энергии. Ниже в таблице 5 приведены сравнительные параметры бионефти и традиционного мазута, произведенного из углеводородного сырья.

¹⁴ Акр — неметрическая земельная мера, применяемая в ряде стран с английской системой мер. 1 акр равен 0,405 га или ≈ 0,004 км². — Прим. ред.

Таблица 5. Основные показатели бионефти и мазута.

НАИМЕНОВАНИЕ	БИОНЕФТЬ	МАЗУТ
Плотность (кг/куб. м)	1200	980
Теплота сгорания (МДж/кг)	16–19	40,5
Вязкость (сСт)	13–80	59–118
Зольность (%)	0,01–0,02	0,14
Температура вспышки (°С)	50–100	...
Температура застывания (°С)	-20	10
Кислотность (рН)	2–3,7	5,5

Заклучение

Современный мир стремительно меняет технологический облик. Мировая энергетика вступила в новую фазу технологического развития, в ходе которого ожидается разрастание кризиса централизованной производственной системы, активное развитие распределенных энергетических систем. Одним из слагаемых политики устойчивого развития хозяйства и общества является сфера использования ВИЭ. Базовый источник спроса на «чистые» технологии и продукты — высокотехнологичные отрасли, связанные с электроникой и оптикой, медициной, авиастроением, а также автомобилестроением, где в основном и потребляется жидкое биотопливо.

В настоящее время в промышленных масштабах выпускается топливо первого поколения. Сырьем служат сахароносные и крахмалистые культуры, масла и жиры растительного и животного происхождения.

Для производства биодизельного топлива базовыми сельскохозяйственными культурами являются рапс и его ГМО-версия — канола, подсолнечник, соя и пальма. Биоэтанол (этиловый спирт) получают путем переработки растительного крахмалосодержащего сырья. От вида исходного материала зависят эксплуатационные характеристики конечного продукта.

Сектор биотоплива, обладая несомненными преимуществами, не лишен серьезных недостатков. Расширенное производство сельскохозяйственных культур, применяемых в качестве сырья, оказывает влияние на рынки продовольственных товаров, является причиной сокращения площади вековых лесов и увеличения эмиссии «парниковых» газов. В подавляющем большинстве регионов мира выпуск биотоплива характеризуется более высоким уровнем издержек по сравнению с производством жидкого топлива из ископаемых источников.

Способы производства инновационных продуктов — биотоплива второго и третьего поколения — нацелены на переработку химически сложных веществ, для преобразования которых требуется затратить значительное количество энергии. Пока соответствующие надежные промышленные технологии не разработаны.

Перспективы развития отрасли связаны, во-первых, с организацией плантаций специальных целлюлозных энергетических культур с коротким вегетационным периодом и водорослей.

Во-вторых, с созданием промышленных технологий переработки лигноцеллюлозной биомассы, получаемой из непищевого сырья, водорослей, промышленных и бытовых отходов, которая более устойчива к расщеплению.

За последнюю декаду мировой выпуск биотоплива вырос примерно на 50%.

В 2021 г. наиболее крупные объемы производили страны, характеризующиеся благоприятными почвенно-климатическими условиями: США, Бразилия, Индонезия, Китай, ФРГ и Франция. Ведущими потребителями биодизельного топлива являлись страны Евросоюза, АТР и Северной Америки, биоэтанола — государства Северной Америки (около 50% мирового потребления), АТР и Южной Америки.

В России, несмотря на имеющийся значительный ВИЭ-потенциал, выпуск жидкого биотоплива развит слабо по таким причинам, как: высокие акцизные ставки в производстве этилового спирта, отсутствие нормативной базы, стимулирующей производство топливных смесей и их реализацию в розничной сети, неготовность транспортного сектора к применению биотоплива по техническим причинам. В сложных климатических условиях ключевым сдерживающим фактором являются физические особенности биотоплива: высокая температура фильтрации/замерзания и низкая теплотворность.

В целом, мнение о более высоких конкурентных преимуществах биотоплива относительно традиционного углеводородного топлива справедливо лишь в отношении отдельных регионов мира, а в глобальном масштабе не является очевидным.

В будущем в местах с благоприятными почвенно-климатическими условиями развитие биотопливной промышленности позволит частично компенсировать рост энергетических потребностей человечества, повысить автономность потребителей, снизить уровень их зависимости от централизованных систем энергоснабжения.

Энергетика России на основе ВИЭ



Бутузов Виталий Анатольевич

д.т.н, Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина
ets@nextmail.ru

Аннотация

Представлены данные Всемирного сообщества возобновляемой энергетики 21-го века REN21¹ и Института экологических технологий АЕЕ ИНТЕС (Австрия), Международной ассоциации гидроэнергетики. В 2021 году в электрогенерации на основе ВИЭ отмечено лидерство гидроэнергетики (1360 ГВт, 4250 ТВт·ч/год); на втором месте ветроэнергетика (845 ГВт, 1980 ТВт·ч/год); далее солнечная энергетика (942 ГВт, 1138 ТВт·ч/год); биоэнергетика (143 ГВт, 602 ТВт·ч/год); геотермальная энергетика (16 ГВт, 105 ТВт·ч/год). В теплогенерации на основе ВИЭ на первом месте энергия биомассы (3892 ТВт·ч/год); солнечное теплоснабжение (522 ГВт, 425 ТВт·ч/год); геотермальное теплоснабжение (108 ГВт, 284 ТВт·ч/год). В России на 01.01.2022 г. установленная мощность и выработка электрической энергии для всех электростанций страны составляли соответственно: 246,6 ГВт (100%) и 1114,5 ТВт·ч/год (100%); в том числе ГЭС — 50 ГВт (20,26%) и 209,52 ТВт·ч/год (18,8%), СЭС — 1,96 ГВт (0,8%) и 2,25 ТВт·ч/год (0,2%); ВЭС — 2,035 ГВт (0,83%) и 3,62 ТВт·ч/год (0,35%). Общая установленная мощность возобновляемой энергетики (ВЭ) РФ составила 54 ГВт (20,9%), выработка электрической энергии — 210,76 ТВт·ч/год (20,1%) при выработке в 2021 г. всеми электростанциями России 1047 ТВт·ч/год (100%). Описано состояние российского рынка ВЭ, роль правительства в его формировании и регулировании. Представлены результаты деятельности в 2021 г. малой гидроэнергетики (1220 МВт), солнечного теплоснабжения (70 МВт), геотермальной энергетика (электрогенерации — 84 МВт, 428 тыс. МВт·ч/год; теплогенерации — 110 МВт, 280 тыс. МВт·ч/год), БиоЭС — 65,2 ГВт·ч/год, биотеплогенерации — 29,8 ТВт·ч/год.

Ключевые слова

Гидроэнергетика, солнечная энергетика, биоэнергетика, геотермальная энергетика, биотеплогенерация, солнечное теплоснабжение, геотермальное теплоснабжение, Системный оператор ЕЭС РФ, розничный рынок возобновляемой энергетики, микрогенерация, СЭС, ВЭС, ветродизельные станции (ВДС), малые ГЭС (МГЭС), ГеоЭС, тепловые насосы.

¹ REN21 — Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. — Прим. ред.

Введение

Развитие возобновляемой энергетики является одним из ведущих трендов мировой энергетики. В области электрогенерации ее развитие в 2021 г. по данным Всемирного сообщества возобновляемой энергетики 21 века (REN21) (www.ren21.net), Института экологических технологий АЕЕ INTEC (www.aee-intec.at), Международной ассоциации гидроэнергетики (www.hydropower.org) на рис. 1 представлены значения установленной мощности и выработанной электрической энергии гидроэнергетики, ветроэнергетики, фотоэнергетики, биоэнергетики и геотермальной энергетики. В электрогенерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) наибольшее значение имеет гидроэнергетика: установленная мощность 1360 ГВт, годовая выработка — 4250 ТВт·ч/год. Для ветроэнергетики эти значения составляют соответственно 845 ГВт и 1980 ТВт·ч/год, для солнечной энергетики — 942 ГВт и 1138 ТВт·ч/год, для биоэнергетики выработка электрической энергии составила 143 ГВт и 602 ТВт·ч/год, для геотермальной энергетики при установленной мощности 16 ГВт, годовая выработка 105 ТВт·ч/год. В области теплоснабжения по данным тех же организаций на рис. 2 представлены значения установленной мощности и выработанной тепловой энергии в 2021 г. с использованием энергии биомассы, солнечной и геотермальной энергии. Наибольшим количеством тепловой энергии отличается теплогенерация на основе энергии биомассы — 3892 ТВт·ч/год. Установленные мощности и выработки тепловой энергии солнечного теплоснабжения составили 522 ГВт и 425 ТВт·ч/год, геотермально-го теплоснабжения: 108 ГВт и 284 ТВт·ч.

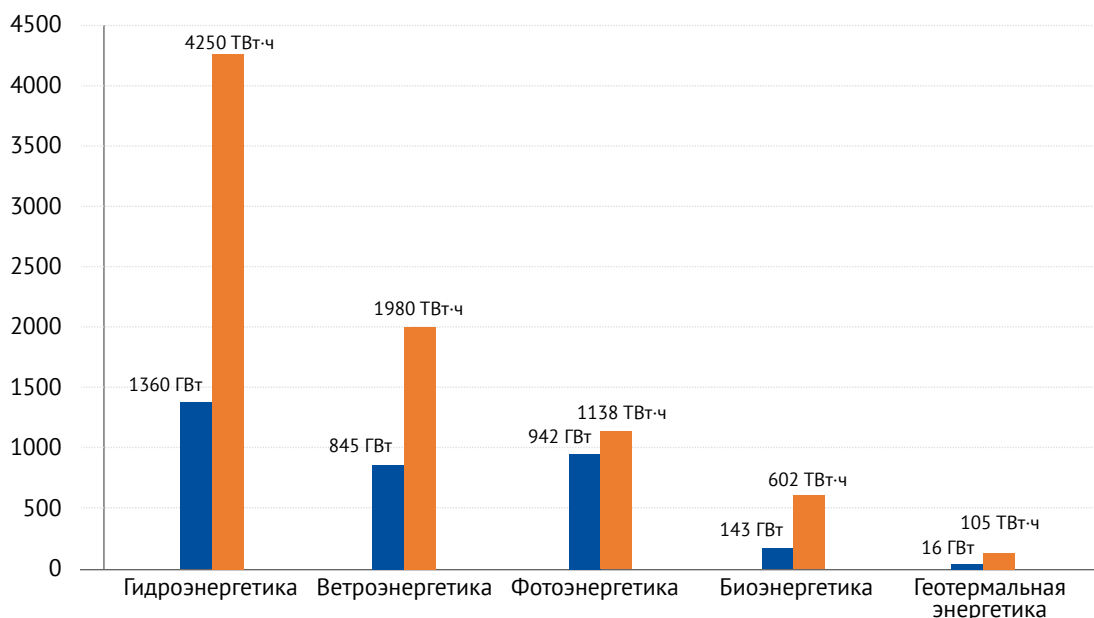


Рис. 1. Установленные мощности и выработка электрической энергии в мире на основе ВИЭ в 2021 г.

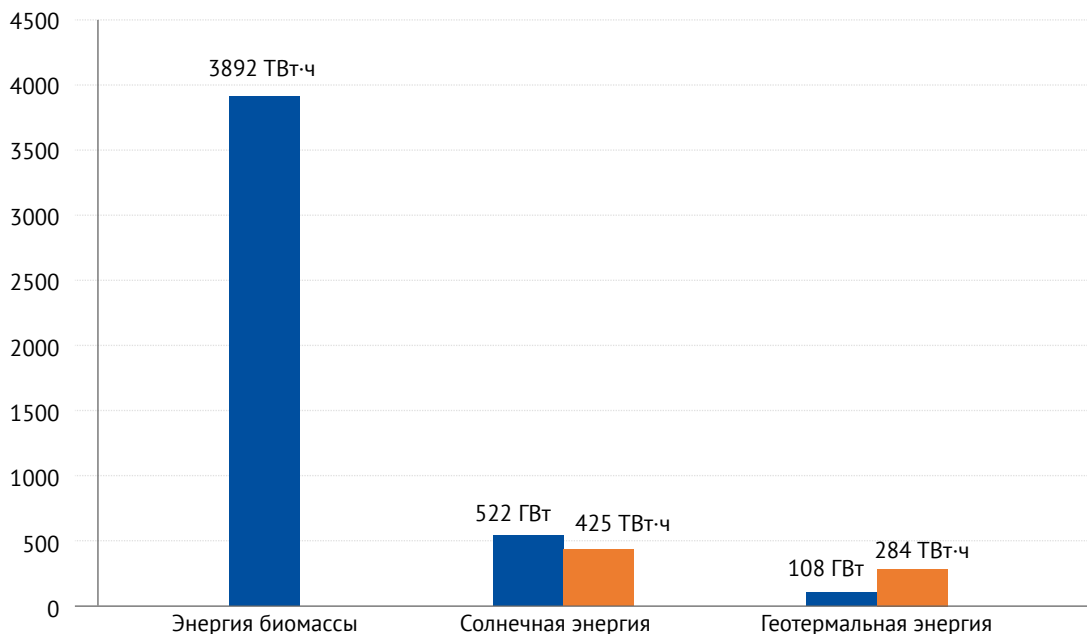


Рис. 2. Установленные мощности и выработка тепловой энергии в мире на основе ВИЭ в 2021 г.

Развитие ВЭ в России осуществляется на основании закона № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», поправки в который с 2007 г. до 2021 г. регламентируют сооружение ветроэлектростанций (ВЭС), солнечных электростанций (СЭС), малых гидроэлектростанций (МГЭС) и других видов ВЭ. Статистика установленных мощностей и выработанной электрической энергии электростанциями России в 2021 г. представлена в отчете функционирования Системного оператора Единой энергетической системы России (АО «СО ЕЭС», www.so-eps.ru). На 01.01.2022 г. суммарная установленная мощность всех электростанций страны составляла 246,6 ГВт (100%), в том числе гидроэлектростанций (ГЭС) — 50 ГВт (20,26%), солнечных электростанций — 1,96 ГВт (0,8%); ветроэлектростанций — 2,035 ГВт (0,83%). Таким образом, ВЭ РФ имела общую установленную мощность — 54 ГВт или 20,9% от суммарной мощности всех электростанций страны. При общей выработке всеми электростанциями за 2021 год 1114,5 ТВт·ч (100%) ВЭ было произведено 213,8 ТВт·ч (19,2%), в том числе ГЭС — 209,52 ТВт·ч (18,8%), СЭС 2,25 ТВт·ч (0,2%), ВЭС-2,035 ТВт·ч (0,83%). На рис. 3 представлены значения установленных мощностей и выработанной за 2021 г. электрической энергии ГЭС, СЭС и ВЭС. Официальная статистика по установленной мощности теплогенераторов с использованием ВИЭ и выработанной ими тепловой энергии в 2021 г. в России отсутствует. В 2021 г. изменился критерий отнесения ГЭС к малым гидроэлектростанциям. Постановлением Правительства РФ от 01.06.2021 г. № 1446-Р это значение увеличено до 50 МВт установленной мощности.

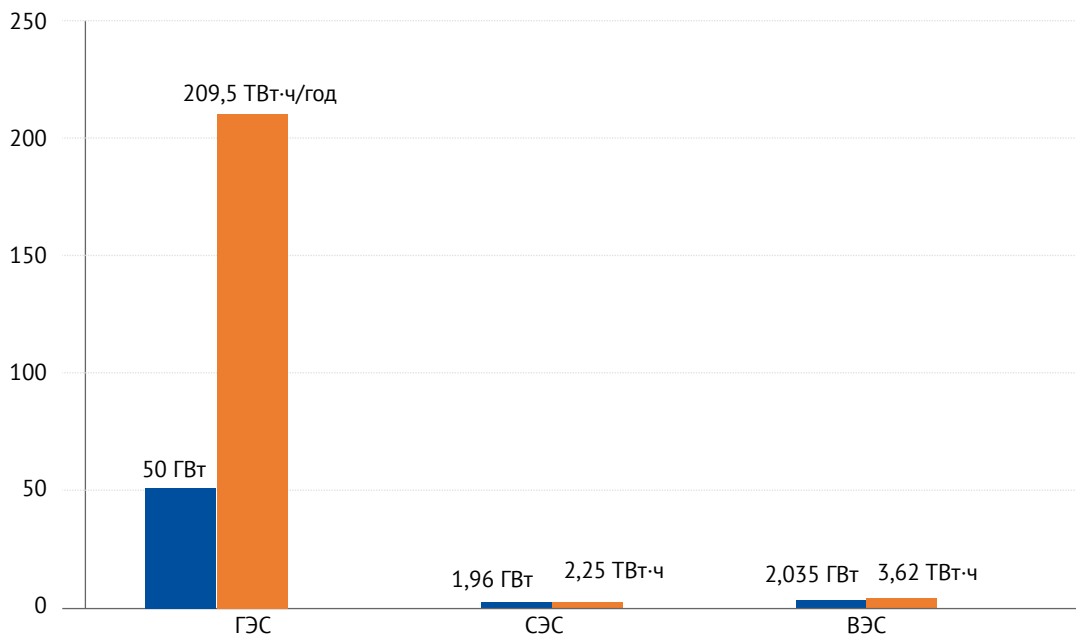


Рис. 3. Установленные мощности и выработка электрической энергии в 2021 г. возобновляемой энергетикой России по данным АО «СО ЕЭС».

Рынок возобновляемой энергетики

Современный рынок ВЭ создавался с 2007 г. внесением изменений в закон № 35-ФЗ от 26.03.2003 г. «Об электроэнергетике». Постановлением Правительства РФ № 47 от 23.01.2015 г. был определен действовавший до 2021 г. порядок поддержки ВЭ на оптовом и розничном рынках электроэнергии, а также в территориально изолированных энерго-районах (План «ДПМ-ВИЭ-1,0»)². Этим Постановлением АТС³ было поручено определять на конкурсной основе Инвесторов на оптовом рынке по следующим критериям — капитальным затратам на 1 кВт, проценту локализации производства и коэффициенту использования установленной мощности (КИУМ). Правительство обязало региональные сетевые компании закупать электроэнергию ВЭ для компенсации до 5% прогнозируемых потерь в электрических сетях. С победителями конкурса заключались договора с гарантией рентабельности 12% и с выгодными тарифами на вырабатываемую энергию.

В 2021 г. распоряжением Правительства РФ № 1446-Р от 01.06.2021 г. были внесены новые изменения в закон № 35-ФЗ от 26.03.2003 г. «Об электроэнергетике» с утверждением нового плана «ДПМ-ВИЭ-2,0». Его срок увеличен до 2035 г., а мощность электрогенерации с использованием ветровой, солнечной и малой гидравлической энергии должна возрасти до 12 ГВт. Новым критерием стал показатель эффективности электростанции⁴ вместо ранее действовавших удельных капвложений на 1 кВт мощности. Требования ДПМ-ВИЭ-2,0 предусматривают также возможность изменения установленной мощ-

² Программа стимулирования развития ВЭ

³ Администратор торговой системы (www.atsenergo.ru)

⁴ Отношение требуемой суммы годовой выручки от продажи электроэнергии и мощности на оптовом рынке к плановой стоимости годового производства электроэнергии

ности при проектировании, ужесточение требований по изменению местонахождения.

На розничном рынке электрической энергии для регулирования ВЭ Постановлением правительства РФ № 1298 от 29.08.2020 г. отбор проектов ВЭ для Схем и программ развития электроэнергетики регионов (СИПР) производится по плановой стоимости 1 МВт·ч. Сетевые компании обязаны заключать договоры купли-продажи электроэнергии с инвестором ВЭ, включенным в СИПР до ввода электростанции в эксплуатацию.

Для территориально удаленных энергорайонов в 2020 г. Минэнерго РФ (www.minenergo.gov.ru) разработало план модернизации неэффективных электростанций в 23 регионах страны с общей установленной мощностью 791 МВт, большая часть (70%) которых находится в Якутии, Камчатском и Красноярском краях, Ямало-Ненецком АО. АНО «Агентство Дальнего Востока по привлечению инвестиций и поддержке экспорта» разработало Концепцию по привлечению частных инвестиций в развитие распределенной энергетики на изолированных и труднодоступных территориях. ПАО «РусГидро» в 2020 г. организовало конкурс по развитию распределенной энергетики в Якутии на основе энергосервисных контрактов. Его победителем стало ООО «Комплексные энергетические решения». Договор с ним предусматривает строительство шести солнечно-дизельных электростанций общей мощностью СЭС — 2,3 МВт.

28.09.2021 г. Наблюдательный совет Ассоциации «НП Совет рынка» (www.np-sr.ru) одобрил разработку системы добровольного использования в России различных видов «зеленых» инструментов для подтверждения производимой электроэнергии на основе ВИЭ взамен двухсторонних договоров и сертификатов международной системы I-REC.

С 2018 г. в России уже заключались также свободные двухсторонние договоры. В 2021 г. они были подписаны с компанией Procter & Gamble (Тульская область), АО «Щекиноазот» (Тульская область). Потенциальный рынок таких сертификатов оценивается в 224 млн МВт·ч.

Перспективы рынка ВЭ в микроэлектрогенерации в ближайшие пять лет оцениваются в 150–200 МВт·ч в год. Законом № 471-ФЗ от 27.12.2019 г. предусмотрена установка микрогенерации в том числе ВЭ у частных и юридических лиц с возможностью продажи излишек электроэнергии в электросети. Постановлением правительства РФ № 299 от 02.03.2021 г. регламентирован механизм реализации этого закона.

Распоряжением Правительства РФ № 2765-Р от 01.10.2021 г. был утвержден федеральный проект «Чистая энергетика» с ежегодным конкурсным отбором проектов ВИЭ и созданием российской системы обращения сертификатов происхождения электрической энергии на ВИЭ. Этим же распоряжением был утвержден федеральный проект «Гарантированное обеспечение доступа электрической энергии», с созданием механизма стимулирования модернизации объектов генерации в удаленных и изолированных энергорайонах, в том числе на основе ВИЭ.

Распоряжением Правительства РФ № 3052-Р от 29.10.2021 г. по декарбонизации предусмотрены поддержка внедрения, тиражирования и масштабирования низко- и безуглеродных технологий, в том числе с увеличением генерации на ВИЭ.

Распоряжением Правительства РФ № 3363-Р от 27.11.2021 г. по развитию транспорта предусмотрено установление солнечных панелей на кровлях и фасадах зданий удаленных и изолированных объектов инфраструктуры.

Постановлением Правительства РФ № 2486 от 25.11.2021 г. внесены изменения в постановление № 426 от 03.06.2008 г. с уточнением требований к квалифицированным объектам. Объем электрической энергии, вырабатываемый этими объектами на основе ВИЭ должны составлять не менее 80% от общего объема выработанной электроэнергии, в течение

6 месяцев со дня ввода, а далее не менее 95%. Этим же постановлением внесены изменения в постановление № 117 от 27.12.2010 г. по корректировке размеров неустойки, а также изменения в постановление № 449 от 28.05.2013 г. по определению цены на мощность.

В 2021 г. по свободным двухсторонним договорам (СДД) было реализовано 462528 МВт·ч электрической энергии СЭС и ВЭС, а их доля в общей выработке электроэнергии объектами ДПМ ВИЭ составила 9%. На 01.01.2022 общий объем «зеленых» инструментов ВИЭ электрогенерации составил по СДД ВИЭ с 2019 г. 622300 МВт·ч; объем сертификатов I-REC с декабря 2020 г — 962000 МВт·ч. Всего в РФ выпущено 35 млн таких сертификатов с номиналом 1 МВт·ч.

Солнечная энергетика

Солнечная энергетика в России развивается по двум основным направлениям: электроэнергетика с прямым преобразованием солнечного излучения в электрическую энергию (фотоэнергетика) и солнечное теплоснабжение. Фотоэнергетика в основном представлена сетевыми СЭС, автономными и солнечно-дизельными ЭС. Россия имеет также развитую космическую солнечную энергетику [3]. В настоящее время лидером ВЭ России является сетевая фотоэнергетика. В статье [6] представлен обзор ее развития. На 01.01.2022 г. установленная электрическая мощность сетевых СЭС составляла 1960 МВт, а за 2021 г. ими было выработано 2,25 ТВт·ч [1]. Основными инвесторами сооружения сетевых СЭС являются ГК «ХЕВЕЛ» (743 МВт), ООО «СОЛАР СИСТЕМС» (365 МВт), ПАО «Т-ПЛЮС» (190 МВт). ГК «ХЕВЕЛ» основное производство фотоэлектрических модулей (ФЭМ) имеет в г. Новочебоксарске в Чувашии. В 2021 г. предприятие ООО «Грин Энерджи Рус» этого инвестора построило СЭС общей мощностью 85 МВт, в т.ч. в Волгоградской области — СЭС «Нефтезаводская» (20 МВт), в Оренбургской области — СЭС «Новопереволоцкая» (15 МВт), в Забайкальском крае — СЭС «Читинская» (20 МВт), в Омской области — СЭС «Русско-Полянская» (30 МВт). Вторым по объемам строительства СЭС инвестором в России является ООО «СОЛАР Системс», производство ФЭМ которого расположено в г. Подольске Московской области.

Всего в 2021 г на оптовом рынке электроэнергии были введены в эксплуатацию 6 СЭС с общей установленной мощностью 188 МВт, а на розничном — Наурская СЭС в Чеченской республике мощностью 5 МВт.

Солнечное теплоснабжение в отличие от советского периода в современной России практически не развивается [4]. Установленная мощность гелиоустановок в 2021 г. оценивалась около 70 МВт [5]. Исследованиями по этому направлению солнечной энергетики занимаются Объединенный Институт высоких температур (ОИВТ) РАН [6], лаборатория ВИЭ МГУ им. Ломоносова [7], Кубанский государственный аграрный университет [8]. Проектирование гелиоустановок в основном ведут ООО «Новый Полюс» (г. Москва), ООО «Энерготехнологии-Сервис» (г. Краснодар). Солнечные коллекторы (СК) производит по полному технологическому циклу, в т.ч. абсорберы, ООО «Новый Полюс»: жидкостные плоские и трубчатые вакуумные; воздушные и комбинированные СК. АО «ВПК «НПО Машиностроения» производит сборку жидкостных плоских СК «Сокол-Эффект» из импортных комплектующих с медными и алюминиевыми абсорберами. Монтажом гелиоустановок в основном занимается ООО «Новый Полюс».

Ветроэнергетика

В России в настоящее время развитие получили преимущественно сетевые ВЭС. В небольшом количестве сооружаются ветродизельные станции (ВДС) и малые ветро-электрические установки (ВЭУ) единичной мощностью до 50 кВт. На 01.01.2022 г. по данным [1] суммарная установленная мощность сетевых ВЭС составляла 2035 МВт (рис. 3), а выработка электрической энергии за 2021 год — 3,62 ТВт·ч. Тремя основными инвесторами на рынке ветроэнергетики являются: Фонд развития ветроэнергетики (ФРВ), АО «НовоВинд», партнерство ПАО «ЭНЕЛ-РУС» и фирмы «Сименс-Гамеса». Учрежденный УК «РосНАНО» и ПАО «Фортум» ФРВ взял за основу редукторную схему ВЭУ датской фирмы «Vestas» и с 2019 г. развернул производство гондол в г. Нижний Новгород, лопастей в г. Ульяновске, башен в г. Таганроге. На 01.01.2021 г. ФРВ построил ВЭС общей мощностью 1071 МВт. В 2021 г. им были построены: в Ростовской области — II очередь Казачьей ВЭС (50 МВт), в Волгоградской области — Котовская ВЭС (88 МВт), в Астраханской области — Излучная ВЭС (88 МВт), Старицкая ВЭС (50 МВт), Манланская ВЭС (76 МВт), Холмская (88 МВт), Черноярская ВЭС (38 МВт). До 2024 г. ФРВ планирует строительство ВЭС суммарной мощностью 1800 МВт.

Вторая по объемам сооружения ВЭС компания АО «НовоВинд», учрежденная ГК «Росатом» имеет базовую безредукторную конструкцию датской фирмы «Lageway». Оно с 2020 г. организовало производство генераторов, гондол, ступиц, обтекателей на заводе «Атоммаш» в г. Волгодонске, а башен на заводе «Ветростройдеталь» в том же городе. В 2020 г. АО «НовоВинд» построило — Адыгейскую ВЭС мощностью 150 МВт, а в 2021 г. в Ставропольском крае Кочубеевскую, Кармалинскую, Бондаревскую и Медведовскую мощностью соответственно 80, 60 МВт, 120 и 60 МВт, в Ростовской области Марченковскую ВЭС мощностью 120 МВт. До 2024 г. АО «НовоВинд» планирует сооружение ВЭС суммарной мощностью 1000 МВт.

Третье по объемам строительства ВЭС — Партнерство ПАО «ЭНЕЛ-РУС» и фирмы «Сименс-Гамеса» за основу приняло редукторную схему ВЭС фирмы «Сименс-Гамеса» и в 2019 г. организовало сборочное производство в г. Санкт-Петербурге. На 01.01.2022 г. Партнерство построило ВЭС общей мощностью 180 МВт, в т.ч. в 2021 г. Азовскую ВЭС мощностью 90 МВт в Ростовской области, а до 2024 г. планирует сооружение 300 МВт ВЭС.

В северных и труднодоступных районах в составе изолированных энергосистем работают ветродизельные станции (ВДС) [9]. В Камчатском крае на острове Беринга с 1996 г. эксплуатируется Никольская ВЭС мощностью 550 кВт, на Камчатке работает Усть-Камчатская ВДС мощностью 1175 кВт и с 2013 г. Октябрьская мощностью 3300 кВт. На Курильском острове Кунашир с 2015 г. успешно эксплуатируется Новиковская ВЭС мощностью 450 кВт. В Якутии в пос. Тикси в 2018 г. построена ВДС мощностью 900 кВт. В изолированных энергосистемах работают сотни малых ВЭУ единичной мощностью менее 50 кВт отечественного и зарубежного производства. В России такие ВЭУ разрабатывают и выпускают около десятка частных фирм. Особенности их конструкций приведены в статье [10]. Российская научная ветроэлектрическая школа выполнила исследования ветроэнергетического потенциала страны. Для сооружения сетевых ВЭС эту работу ведет в т.ч. д.т.н. В.Н. Николаев [11]. Для ВДС в Арктике, в условиях ограниченной климатической информации разработкой арктических ВЭУ занимается д.т.н. В.В. Елистратов [12]. Разработкой малых ВЭУ занимается к.т.н. С.В. Грибков [10]. Исследования работы ВЭС и ВДС в составе энергосистем выполняет д.т.н. П.В. Илюшин [13].

Малая гидроэнергетика

В Справочнике [14], подготовленном ПАО «РусГидро» и Ассоциацией «Гидроэнергетика России» по состоянию на 01.01.2018 г. представлены полный перечень всех гидроэлектростанций страны, в том числе единичной установленной мощностью менее 50 МВт, относимых по Постановлению правительства РФ от 01.06.2021 г. к малым ГЭС (МГЭС). На 01.01.2022 г. МГЭС имели общую установленную мощность 1220 МВт. По данным Отчетов о функционировании ЕЭС России, подготовленных Системным оператором за 2018–2020 гг., в 2020 г. введены в эксплуатацию МГЭС общей мощностью 20,85 МВт: Усть-Джегутинская (5,6 МВт), Верхнебалкарская (10 МВт), Барсуковская (5,25 МВт). Таким образом, на 01.07.2021 г. суммарная установленная мощность российских МГЭС составляла 1182 МВт. При реализации плана «ДПМ-ВИЭ-1,0» на конкурсном отборе в 2020 г. были выбраны проекты МГЭС общей мощностью 45,6 МВт, из которых на 01.07.2021 г. было введено 21 МВт. В 2021 г. велось строительство четырех МГЭС: в Карачаево-Черкессии (Красногодская № 1, № 2); в Кабардино-Балкарии (Псыгансу), в Чечне (Башенная), с суммарной установленной мощностью 70 МВт. После утверждения в 2021 г. программы «ДПМ-ВИЭ-2,0» основными инвесторами МГЭС стали: ПАО «РусГидро» (100 МВт), АО «Норд Гидро» (48,8 МВт); ООО «Южэнергострой» (23,7 МВт); АО «Энергомаш» (16 МВт), ПАО «ТГК-1» (16,5 МВт); En+Group (8,1 МВт).

Проектированием и строительством МГЭС в России в основном выполняют ПАО «РусГидро» (г. Москва), АО МНТО⁵ «ИНСЭТ» (г. Санкт-Петербург). Последнее предприятие разработало типоразмерный ряд гидроагрегатов для мини и малых ГЭС единичной мощностью до 6,0 МВт и микро ГЭС мощностью от 10 до 100 кВт и выполняет комплекс работ по созданию малых ГЭС: разработку бизнес-планов, ТЭО, проектной документации, монтаж, пуско-наладку. С 1993 г. АО «ИНСЭТ» было построено 92 малых ГЭС с 200-ми гидроагрегатами суммарной установленной мощностью 23 МВт в том числе 33 станции общей мощностью 11 МВт в России. Заказчикам поставлено для монтажа собственными силами 170 комплектов МГЭС единичной мощностью до 330 кВт с гидроагрегатами пропеллерного типа. Всего АО «ИНСЭТ» разработало и производит пять типоразмеров гидроагрегатов с пропеллерными турбинами мощностью от 100 до 1800 кВт, четыре типоразмера гидроагрегатов с радиально-осевыми турбинами мощностью от 550 до 5600 кВт, четыре типоразмера гидроагрегатов с ковшовыми турбинами мощностью от 145 до 6000 кВт.

В 2019–2020 гг. АО «ИНСЭТ» были выполнены обследования и подготовлены технические предложения по восьми российским МГЭС общей мощностью 15 МВт, разработаны ТЭО сооружения МГЭС мощностью 2 МВт на Курильском острове Парамушир, три проекта реконструкции МГЭС, введены в эксплуатацию восемь гидроэлектростанций, в том числе для Мосводоканала и питьевого водовода в Адыгее.

Геотермальная энергетика

В России развитие получили как геотермальные электростанции (ГеоЭС), так и геотермальное теплоснабжение. Разведанные запасы четырех геотермальных пароводяных месторождений оцениваются в 40,7 тыс. м³/сут., а 62 геотермальных водяных — в 268,2 тыс. м³/сут. [15]. В 2021 г. в стране эксплуатировались четыре пароводяных и 26 водяных месторождений, на которых работали 161 геотермальная скважина. До-

⁵ МНТО – Межотраслевое научно-техническое объединение. – Прим. ред.

быча геотермального пара в 2021 г. составляла 13,1 млн т/год, а геотермальной воды 20,6 млн м³/год [16]. Установленная мощность российских ГеоЭС составляет 84 МВт, а выработка электрической энергии в 2021 г. — 0,428 ТВт·ч/год. Геотермальное теплоснабжение России имеет суммарную установленную мощность 110 МВт, а выработка тепловой энергии в 2021 г. составляла 280 тыс. МВт·ч/год [16].

Исследованиями геотермальных ресурсов в основном занимаются Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного научного центра РАН в г. Петропавловск-Камчатский [17] и Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики ОИВТ РАН⁶ в г. Махачкале [18]. Добычей геотермальных ресурсов на Камчатке ведет АО «Тепло Земли» (г. Петропавловск-Камчатский), в Дагестане — ООО «Геоэкопром» (г. Махачкала), в Краснодарском, Ставропольском краях, в Адыгее — АО «Нефтегазгеотерм» (пос. Мостовской, Краснодарский край).

Исследованиями по созданию ГеоЭС в России занимается ООО «Геотерм-М» (г. Москва), а разработкой и изготовлением оборудования для них АО «Калужский турбинный завод» [19]. Компетенциями по проектированию геотермального теплоснабжения обладают ООО «Геотерм-М» и ООО «Энерготехнологии-Сервис». Эксплуатацию камчатских ГеоЭС осуществляют филиал «Возобновляемая энергетика» ПАО «Камчатскэнерго», а геотермального теплоснабжения на Камчатке АО «Тепло Земли», в Дагестане — ООО «Геоэкопром» [20].

Биоэнергетика

Закон № 35-ФЗ от 21.02.2003 г. «Об электроэнергетике» в редакции от 29.12.2017 г. предусматривает использование ВИЭ в т.ч. биомассы, включающей в себя специально выращенные для получения энергии растения, в т.ч. деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива; биогаз; газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов; газ, образующийся на угольных шахтах.

В новом плане развития ВЭ до 2035 г. (ДПМ-ВИЭ-2,0), утвержденным Постановлением правительства РФ от 01.06.2021 № 1446-Р не установлены задания по генерации электроэнергии на основе биомассы. По результатам 2020 г. Ассоциации «НП Совет рынка» выработка электроэнергии на БиоЭС⁷ на оптовом и розничном рынках, подтвержденных сертификатами, составила 65,2 ГВт·ч/год, в т.ч. на основе биомассы и ее отходов — 39,03 ГВт·ч/год; биогаза — 25,06 ГВт·ч/год; свалочного газа — 1,15 ГВт·ч/год. По установленной мощности БиоЭС обобщенные данные отсутствуют. В перечне квалифицированных объектов Минэнерго РФ на 01.10.2021 г. работающих на основе биомассы и отходов указана только мини-ТЭЦ «Белый Ручей» в Вологодской области, установленной электрической мощностью 6 МВт и тепловой — 49 МВт, работающая на отходах древесины. С 2009 г. в городах Морозовск и Миллерово Ростовской области работают две мини-ТЭЦ мощностью по 6 МВт с сжиганием лузги подсолнечника. В указанном перечне Минэнерго РФ приводятся данные только двух БиоЭС на основе сжигания биогаза. Работающая с 2012 г. биогазовая станция (БГС) «Байцуры» мощностью 1 МВт построена в селе Грузкое Белгородской области. В той же области в Лучковском сельском поселении работают две БГС мощностью 3,6 МВт. В числе квалифицированных объектов также БиоЭС на свалочном газе полигона ТБО в пос. Новый Свет Ленинградской области.

⁶ Филиал ОИВТ РАН, занимающийся проблемами геотермии и ВЭ. — Прим. ред.

⁷ БиоЭС — электростанции, использующие биомассу

Для теплоснабжения в России применяются в основном различные виды биомассы древесины и ее отходов, отходов сельскохозяйственного производства. Согласно Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 г. [21] в 2019 г. в стране было заготовлено 14 млн плотных м³ дров. При их удельном весе 650 кг/м³ общий вес составил 9,1 млн т. При средней теплотворной способности дров 4,5 кВт·ч/кг и КПД их сжигания в печах и котлах 60% общее количество тепловой энергии в 2019 г. составило 29 тыс. ГВт·ч/год. По данным О. Ракитовой [22] из общего количества отходов лесозаготовки — 23 млн т и деревопереработки — 20 млн т для использования в теплоснабжении актуальны топливная щепа, топливные брикеты и пеллеты (топливные гранулы). Топливная щепа в России пока не получила широкого применения. Производством топливных брикетов в 2019 г. в России занимались 280 предприятий с годовым объемом производства 450 тыс. т при внутреннем потреблении 230 тыс. т [23], что при их теплотворной способности близкой к дровам эквивалентно 748 ГВт·ч/год. Пеллеты в 2019 г. в России производились на 300 заводах в объеме 1,9 млн т [1] (в 2020 г. — 2,2 млн т [22]) при внутреннем потреблении не более 5% [24]. При их теплотворной способности близкой к дровам общее годовое количество тепловой энергии составляло в 2019 г. 88 ГВт·ч/год. Таким образом, суммарное количество тепловой энергии при сжигании дров, топливных брикетов и пеллет в 2019 г. составило 29836 ГВт·ч/год, при этом доля дров — 97%.

Крупнейшие котельные на древесных отходах работают на заводах швейцарской фирмы «Swiss Krono» в п. Ветлужный Шарьинского района Костромской области мощностью 96 МВт и шведской фирмы «ИКЕА» в деревне Подберезье Новгородской области мощностью 85,5 МВт [25]. Наибольшее количество котельных на дровах и отходах работают в Архангельской области. В 2019 г. по данным сайта www.infobio.ru там эксплуатировались 650 котельных установленной мощностью 3000 МВт (100%), в т.ч. 420 на дровах общей мощностью 1110 МВт (37%), в которых ежегодно сжигалось 260 тыс. т топлива. В этом регионе работает самая мощная в России пеллетная котельная в пос. Катугино Приморского района мощностью 20 МВт. Древесное топливо активно используется в соседних с Архангельской областью Карелии, Вологодской, Ярославской, Костромской областях. В пос. Импилахти в Карелии ООО «Сетлес» с 2007 г. эксплуатирует котельную со сжиганием древесной коры мощностью 10 МВт с котлами финской компании «Вяртелла». В Хабаровском крае из 400 муниципальных котельных на древесине работают 60 котельных (15%) общей мощностью 107 МВт.

В России технологии сжигания дров и древесных отходов развивались с 1930-х годов в основном двумя научными центрами: ВТИ⁸ в г. Москве и ЦКТИ им. Ползунова⁹ в г. Санкт-Петербурге [26]. Там были разработаны конструкции котлов с неподвижными и механическими колосниковыми шахтными топками и с факельным сжиганием измельченного топлива. В этих котлах в основном применяются две технологии: прямого сжигания и пиролиза. В 2021 г. в стране котлы на дровах, пеллетах, брикетах, древесных отходах производились десятком заводов. Например, компания «Автоматик-Лес» в г. Коврове Владимирской области (www.avtomaticles.ru) выпускает котлы на опилках, щепе, коре и древесных отходах тепловой мощностью от 200 кВт до 10 МВт; пеллетные автоматизированные котлы мощностью от 15 до 250 кВт, самоочищающие пеллетные горелки.

⁸ ОАО «Всероссийский дважды Ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»), www.vti.ru. — Прим. ред.

⁹ ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» (ОАО «НПО ЦКТИ»), www.ckti.ru. — Прим. ред.

На рис. 4, 5 представлены значения мощностей и выработанной годовой энергии электро- и теплогенерацией России в 2021 г.

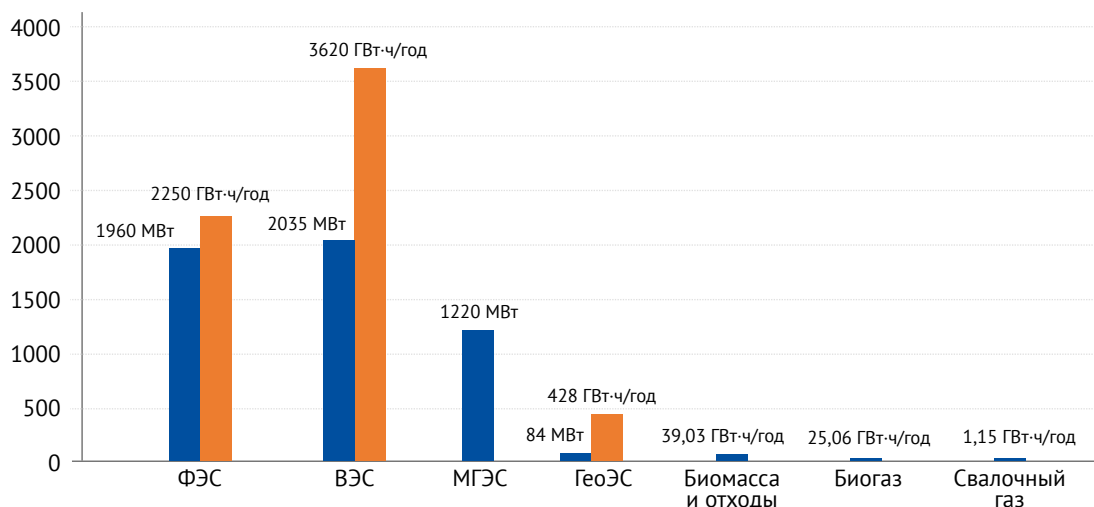


Рис. 4. Установленные мощности и выработка электрической энергии в 2021 г. в России на основе ВИЭ.

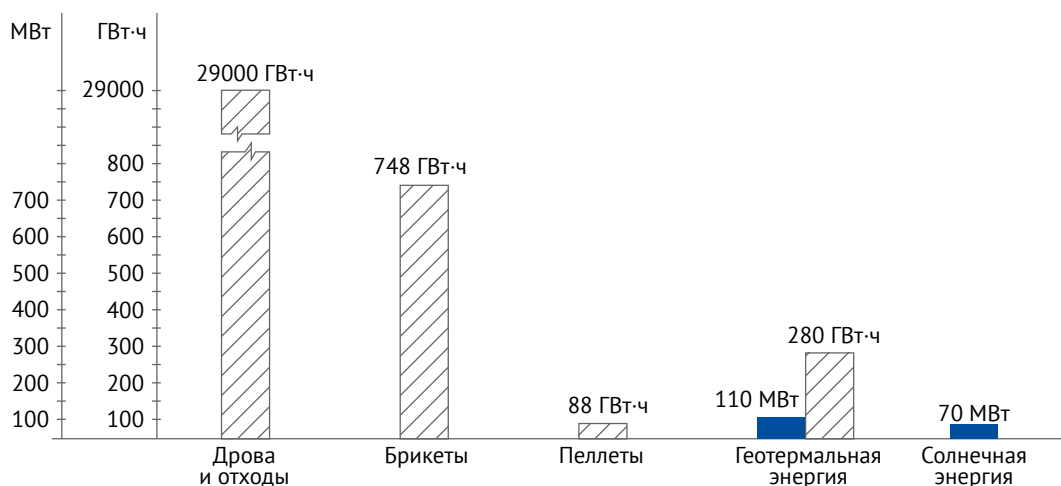


Рис. 5. Установленные мощности и выработка тепловой энергии в 2021 г. в России на основе ВИЭ.

Выводы

1. Российский рынок ВЭ в области электрогенерации создан в основном мерами государственного стимулирования по программе «ДПМ-ВИЭ-1,0» с гарантированными сроками окупаемости. В новом плане «ДПМ-ВИЭ-2,0» до 2035 г. предусмотрено развитие также как и в предыдущем только СЭС, ВЭС и МГЭС. В то же время в России успешно работают несколько ГеоЭС, стоимость электроэнергии которых вдвое ниже топливных ТЭС (Мутновская

ГеоЭС, Камчатка). Там же разведаны перспективные геотермальные месторождения, выполнены проекты развития ГеоЭС. Одной из проблем реализации плана «ДПМ-ВИЭ-1,0» являлись низкие темпы строительства МГЭС, что во многом объясняется существенно большей, чем для СЭС и ВЭС доли строительно-монтажных работ в структуре их сметной стоимости.

В настоящее время в стране не организован рынок развития теплоснабжения с использованием ВИЭ. Меры государственной поддержки не приняты и не определено министерство, ответственное за эту теплогенерацию. При больших объемах использования древесины и ее отходов для теплоснабжения отсутствует программа развития этого направления. Созданное в России масштабное пеллетное производство ориентировано на экспорт, а цены его продукции неконкурентны с дровами и углем в большинстве регионов страны. В России исследования по проблемам комплексного использования ВИЭ в народнохозяйственном комплексе практически не ведутся. В малых объемах они выполняются по системам теплоснабжения на основе ВИЭ.

2. Солнечная энергетика в России представлена в основном сетевыми СЭС. Их установленная мощность в 2021 г. составила 1,96 ГВт, а выработка 2,25 ТВт·ч/год. Россия сохранила свои компетенции в космической солнечной энергетике. Продолжается строительство ФЭС в изолированных северных энергорайонах. Солнечное теплоснабжение представлено небольшим числом эксплуатируемых гелиоустановок и малым количеством производимых солнечных коллекторов. Недостаточно исследований по опыту эксплуатации сетевых СЭС. Основными инвесторами их сооружения являются ГК «ХЕВЕЛ» (189 МВт в 2020 г.) и ООО «СОЛАР СИСТЕМС» (105 МВт в 2020 г.). Каждый из них имеет в России производство на основе кристаллического кремния. Требования плана «ДПМ-ВИЭ-1,0» обеспечило степень локализации производства оборудования не менее 70%.

3. Ветроэнергетика в России уже два года является лидером по темпам развития. Установленная мощность всех ВЭС на 01.07.2021 г. составила 2035 МВт, а выработка электрической энергии за 2021 год — 3620 млн кВт·ч. Рынок ветроэнергетики освоен в основном тремя инвесторами: ФРВ, АО «НовоВинд», партнерством ПАО «ЭНЕЛ-РУС» и фирмы «Сименс-Гамеса». В основе конструкций ВЭУ — решения западноевропейских лидеров ветроэнергетики. Применяются как редукторные, так и безредукторные схемы ВЭУ. Каждый из указанных инвесторов построил в России заводы, а степень локализации производства в 2021 г. достигла 70%. В стране ограниченное применение получили ветродизельные станции. При большой потребности северных районов в ВЭУ в 2021 г. они не получили широкого применения. Российские разработчики и производители малых ВЭУ разобщены, отсутствует их крупномасштабное производство. Актуальны исследования результатов эксплуатации сетевых ВЭС.

4. Россия имеет многолетний опыт разработки строительства, эксплуатации и производства оборудования МГЭС. Основным фактором, препятствующим их дальнейшему развитию, является преобладание в сметной стоимости строительно-монтажных работ. Дополнительное стимулирование по программе «ДПМ-ВИЭ-2,0» уже привело к увеличению инвестиций в сооружении МГЭС общей мощностью 214 МВт.

5. В основе развития геотермальной энергетике разведанные четыре пароводяных месторождения с запасами 40,7 тыс. м³/сут. и 62 геотермальных водяных — 268,2 тыс. м³/сут. Из 161 скважин в 2021 г. были добыты 12,6 млн т/год геотермального пара и 20,2 млн м³/год воды. Установленная мощность четырех ГеоЭС составила 84 МВт, а выработка ими электрической энергии в 2019 г. — 428 млн кВт·ч/год. Геотермальное теплоснабжение при установленной мощности 110 МВт в 2019 г. обеспечило выработку 280 тыс. МВт·ч/год тепловой энергии. В 2020–2021 гг. геотермальная энергетика продолжала использовать

советские научные и инженерные разработки. Разведка новых геотермальных месторождений не ведется. В программе «ДПМ-ВИЭ-2,0» до 2035 г. не предусмотрено строительство новых ГеоЭС, отсутствуют меры по развитию геотермального теплоснабжения.

6. При отсутствии мер господдержки биоэнергетики в планах «ДПМ-ВИЭ-1,2» выработка электрической энергии БиоЭС в 2020 г. составила 65,2 ГВт·ч/год, в т.ч. на основе биомассы и ее отходов — 39,03 ГВт·ч/год, биогаза — 25,06 ГВт·ч/год, свалочного газа — 1,15 ГВт·ч/год. Выработка тепловой энергии на основе биомассы в объеме 29836 ГВт·ч/год в 2019 г. в основном производилась при сжигании дров (29 тыс. ГВт·ч/год), топливных брикетов 748 ГВт·ч/год, пеллет — 88 ГВт·ч/год. В России имеется многолетний опыт исследования топочных процессов при сжигании древесины и ее отходов. Десятки заводов производят такие котлы и вспомогательное оборудование, в т.ч. пеллетные котлы и пеллетные горелки. В программе «ДПМ-ВИЭ-2,0» отсутствуют мероприятия по стимулированию строительства БиоЭС на основе биомассы. В России в настоящее время не разработаны мероприятия по стимулированию развития теплоснабжения с использованием ВИЭ.

7. В современной геополитической ситуации развитие ВЭ в РФ должно претерпеть существенные изменения. Во-первых, необходимо под руководством РАН разработать национальную концепцию развития ВЭ с приоритетами отдельных наиболее востребованных направлений, структуру научных организаций, усовершенствовать систему подготовки специалистов и ученых. Во-вторых, от локализации производства оборудования ВЭ перейти к полным циклам используя советские заделы, в том числе в космической фотоэнергетике и геотермальной энергетике. В-третьих, реформировать структуру международного научного сотрудничества в области ВИЭ.

Литература

1. Отчет АО «СО ЕЭС» о функционировании в 2021 г. (www.so-ups.ru)
2. Информационный бюллетень АРВЭ. Рынок возобновляемой энергетики в России: текущий статус и перспективы развития. Июль. 2021. 43 с.
3. Бутузов В.А. Фотоэнергетика в России // СОК (Сантехника, отопление, кондиционирование). 2020. №7. С. 46–54
4. Бутузов В.А. Солнечное теплоснабжение. Опыт столетнего развития // Промышленная энергетика. 2020. №4 С. 52–63
5. Бутузов В.А. Эксплуатация российских гелиоустановок // Энергосбережение. 2021. № 1. С. 64–67
6. Попель О.С., Фортвов В.Е. Возобновляемая энергетика в современном мире. М.: Изд. дом. МЭИ. 2015. 450 с.
7. Дегтярев К.С. Экономика возобновляемой энергетики в мире и в России // СОК (Сантехника, отопление, кондиционирование). 2017. №9. С. 80–87
8. Бутузов В.А., Бутузов В.В. Использование солнечной энергии для производства тепловой энергии. -М.: Интеэнерго-Издат. 2015. 314 с.
9. Бутузов В.А., Безруких П.П., Грибков С.В. Российская ветроэнергетика: научно-конструк-

- торские школы, этапы развития, перспективы // СОК (Сантехника, отопление, кондиционирование). 2021. № 5. С. 62–76
10. Грибков С.В. Ветро-солнечно-дизельные комплексы электроснабжения малой мощности как основа развития ВИЭ в России. Потребители и перспективы развития как отрасли / Труды REENCOM 13–14 октября 2016 г.
 11. Николаев В.Г. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России. Результаты проекта TACIS Europe Aid/11695/clsv/ru/ Николаев В.Г., Ганага, С.В., Кудряшов Ю.И. / Под ред. В.Г. Николаева. М.: Изд. «Атмограф». 2009. 456 с.
 12. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. 3-е издание. СПб. Изд. Политех. университета. 2016. 424 с.
 13. Илюшин П.В. Перспективы применения и проблемные вопросы интеграции распределительных источников энергии в электрические сети. Монография. НТФ. «Энергопрогресс». 2020. 116 с.
 14. Дворецкая М.И., Жданова А.П., Лушников О.Г., Слива И.В. Возобновляемая энергетика. Гидроэлектростанции России. Справочник. Под. общей ред. В.В. Берлина. СПб. Изд. Политех. университета. 2018. 224 с.
 15. Кононов В.И., Поляк Б.Г., Хуторской М.Д. Гидрогеотермальные ресурсы России // Георесурсы. 2005. № 2. С. 29–33
 16. Бутузов В.А., Томаров Г.В., Алхасов Г.Б., Бадавов Г.Б. Геотермальная энергетика России: Ресурсная база, электроэнергетика, теплоснабжение (обзор) // Теплоэнергетика. 2021. № 12. С. 1–15
 17. Кирюхин А.В., Сугробов В.М. Геотермальные ресурсы Камчатки и ближайшие перспективы их освоения. // Вулканология и сейсмология. 2019. № 6. С. 50–65
 18. Алхасов А.Б. Технологии комплексного освоения геотермальных ресурсов Северо-Кавказского региона // Теплоэнергетика. 2018. № 3. С.1–5
 19. Геотермальная энергетика. Справочно-методическое издание / Г.В. Томаров, А.И. Никольский, В.Н. Семенов, А.А. Шипков. -М.: Интехэнерго-Издат. 2015. 315 с.
 20. Бутузов В.А., Амерханов Р.А., Григораш О.В. Геотермальное теплоснабжение в России // Теплоэнергетика. 2020. № 3. С. 3–12
 21. Распоряжение Правительства РФ № 312-Р от 11.02.2021 г. «Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2023 г.»
 22. Ракитова О. Каким быть топливу будущего? Конгресс и выставка «Биомасса: топливо и энергия»// Леспром. Журнал профессионалов ЛПК. 2020. № 3
 23. Талиби А., Забелин А. Топливные брикеты. Рынок растет // Леспром. Журнал профессионалов ЛПК. 2019. № 7
 24. Никольская В. Инновационная поляница. Дрова – устаревший товар или современное топливо?// Леспром. Журнал профессионалов ЛПК. 2019. № 5
 25. Карасевич В.А. Перспективы использования ВИЭ для нужд теплоснабжения в регионах РФ // СОК (Сантехника, отопление, кондиционирование) 2021. № 5. С. 56–58
 26. Рябов В.А., Питун Д.С. Водогрейные котлы для сжигания древесных отходов // Новости теплоснабжения. 2020. № 2. С. 21–24

Водородная энергетика

в рамках энергоперехода Европейского Союза



Плешаков Андрей Сергеевич

Юрист Finstar Financial Group, эксперт в области возобновляемой энергетики

pleshakov.andrew@gmail.com

Аннотация

Европейский Союз (ЕС) играет ключевую роль в становлении глобального энергоперехода на возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Еще до того, как обсуждение проблем антропогенного влияния на окружающую среду стало общемировой тенденцией, ЕС принимал обязательные нормативы по сокращению выбросов парниковых газов и устанавливал цели по расширению доли ВИЭ в энергобалансе государств-членов. В дополнение к ВИЭ водород (H_2) как экологически чистый энергоноситель представляет собой многообещающий инструмент декарбонизации в рамках европейской модели энергетического развития. При этом в ЕС приоритет отдается возобновляемому (зеленому) водороду, получаемому с использованием энергии ВИЭ, поскольку только такой водород способен обеспечить энергетическую независимость региона. Наступивший в 2022 году энергетический кризис, вызванный конфликтом в Украине, может на некоторое время замедлить темпы снижения выбросов углекислого газа (CO_2), но не способен серьезно поколебать укрепление позиций водородной энергетики ЕС. Для России новая фаза энергетического перехода ЕС может вызвать дополнительные сложности с экспортом газа, являющимся основой производства водорода.

Ключевые слова

Энергопереход, ЕС, водород, декарбонизация, ВИЭ, углекислый газ, природный газ, метан.

Энергетическая трансформация ЕС: в авангарде энергоперехода

Предотвращение и борьба с последствиями изменения климата выступают для ЕС ключевыми целями социально-экономического развития на протяжении многих лет. В 2007 году Европейский Совет, высший политический орган ЕС, сформулировал видение «зеленого» будущего для ЕС, где основную роль должны играть ВИЭ. Перед ЕС были поставлены амбициозные задачи:

- сокращение к 2020 году эмиссии парниковых газов как минимум на 20% по сравнению с 1990 годом;
- достижение к этому же году 20%-й доли выработки энергии на основе ВИЭ в общем энергобалансе ЕС.

Для решения указанных задач Европейской Комиссией, высшим исполнительным органом ЕС, было предложено [1] усовершенствовать систему торговли квотами на

выброс CO_2 , являющегося вторым основным парниковым газом в мире¹, разработать справедливую систему финансирования проектов по созданию инфраструктуры возобновляемой энергетики, а также внедрить стандартизацию производства ряда товаров в целях экономии электроэнергии.

Примечательно, что в XXI веке максимальный уровень эмиссии CO_2 в ЕС пришелся на 2006 год (приблизительно 3,7 млрд т), когда он практически сравнялся с уровнем 1990 года (3,754 млрд т). На мой взгляд, это во многом повлияло на разворот общественного мнения в сторону необходимости изменений климатической политики ЕС. К концу 2019 года уровень выбросов CO_2 составлял уже 2,94 млрд т, сократившись почти на 22%, а в ковидном 2020 году снизился на 32% (2,55 млрд т) по сравнению с уровнем 1990 года. Такие низкие значения выбросов не фиксировались на территории ЕС с 1965 года [2]. Одновременно с этим, доля ВИЭ в энергобалансе ЕС выросла с 8,5% в 2007 году до 22,1% в 2020 году [3].

Таким образом, уже в 2007 году ЕС сделал важный шаг на пути к зарождающемуся глобальному энергетическому переходу, став одним из первых его по-настоящему крупных участников. В основу программы перехода закладывались повышение энергоэффективности и ускорение декарбонизации.

В октябре 2014 года Европейский Совет одобрил новую цель: сократить выбросы CO_2 и прочих парниковых газов на 40% к 2030 году по сравнению с 1990 годом [4]. Затем планка была поднята до 55% [5].

К этому времени все большее число государств стало понимать, что мир находится на пороге серьезных климатических изменений, которые могут обернуться глобальной экологической катастрофой для всех, если не принять мер, необходимых для обеспечения устойчивого развития человечества и охраны окружающей среды. Причем сделать это можно, только доведя до минимума либо сведя на нет антропогенное влияние на природу, для чего необходимы совместные действия всех государств. Так оформились идеи нового мирового энергоперехода, четвертого по счету. Предпосылки к этому переходу в рамках ООН были заложены в Парижском климатическом соглашении (Парижское соглашение), принятом для борьбы с изменением климата и его негативными последствиями 197 странами на 21-й сессии Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата в Париже 12 декабря 2015 года² [6]. Парижское соглашение направлено на существенное сокращение глобальных выбросов парниковых газов и ограничение повышения глобальной температуры в текущем столетии до 2°C при одновременном поиске средств для еще большего ограничения этого повышения до 1,5°C³.

Помимо упомянутых энергоэффективности и декарбонизации можно выделить еще два элемента энергоперехода — децентрализацию и цифровизацию. Под децентрализацией понимается развитие распределенной энергетики, меняющей архитектуру энергетической системы. Близость к потребителю энергии требует прорывных решений в области производства и хранения электроэнергии, а также настройки «умных сетей» для подключения все большего количества распределенных устройств. Цифровизация позволяет повысить надежность и доступность энергетических ресурсов для всех категорий потребителей.

¹ По оценке воздействия тепловой баланс Земли к первому относится водяной пар (H_2O) с вкладом от 36% до 72%. Вклад углекислого газа составляет от 9% до 26%. Доля остальных парниковых газов — метана, озона и оксида азота не превышает 10–15%

² На момент написания статьи (28.05.2022) Парижское соглашение ратифицировали 192 государства и отдельно ЕС

³ Там же

Все четыре элемента энергоперехода являются частью «Зеленого пакта для Европы» [7] (т.н. «Зеленой сделки») — представленной Европейской Комиссией в декабре 2019 года дорожной карты, определяющей контуры развития ЕС в целях глубокой трансформации его экологического и экономического ландшафта. «Зеленая сделка» предполагает создание к 2050 году энергоэффективной и конкурентоспособной экономики ЕС, основными характеристиками которой будут полная углеродная нейтральность и независимость от ископаемого топлива как источника экономического роста. Достичь этих целей, по мнению Европейской Комиссии, позволят производство энергии, полученной с использованием ВИЭ, декарбонизация производства, сохранение биологического разнообразия, ускоренное преобразование транспортной инфраструктуры в устойчивую и экологически чистую систему.

Концепции, сформулированные в «Зеленой сделке», отражают стремление ЕС занять лидирующие позиции в процессе глобального энергетического перехода и подтолкнуть другие страны мира действовать в том же ключе. Таким образом, «Зеленая сделка» является естественным продолжением политики ЕС по снижению антропогенного воздействия на атмосферу Земли. Предпринимаемые ЕС действия достаточно четко коррелируют с его международными обязательствами в рамках Парижского соглашения. Можно утверждать, что ЕС является локомотивом энергоперехода, который своими заявлениями и действиями пытается приблизить мир к безуглеродному будущему.

Водород — символ «зеленого» будущего ЕС

Если в приверженности идее перехода ЕС на ВИЭ сложно сомневаться, то инструменты такого перехода, а именно требуемый уровень развития технологий и необходимость снижения стоимости производства или генерации энергии с использованием ВИЭ в обозримой перспективе продолжают требовать серьезных усилий. Например, Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA) признает, что обязательства развитых страны в рамках борьбы с изменением климата все еще недостаточно амбициозны и масштабны для того, чтобы достичь целей Парижского соглашения. Так, по мнению экспертов IRENA, обязательства по достижению чистого нулевого уровня выбросов, уменьшению добычи и потребления метана, а также обязательства по достижению целевых показателей выбросов все еще предусматривают превышение выбросов CO₂ на 20 гигатонн сверх нормативов, планируемых в рамках ограничения повышения температуры планеты на 1,5°C [8].

ЕС предлагает следующее решение. К 2030 году поставлена задача запустить коммерческую эксплуатацию высокотехнологичного производства энергии в ключевых секторах экономики. Среди прочего приоритет отдается технологиям производства и создания систем получения «возобновляемого» водорода, топливных элементов, хранения энергии, улавливания, хранения и утилизации CO₂ и других углеродосодержащих «парниковых» газов. Финансирование таких проектов планируется осуществлять за счет наднациональных проектов, инвестирующих в научно-исследовательскую работу в сфере «зеленой» энергетики, к которой относится водород как перспективный энергоноситель.

Водород может использоваться в качестве сырья, топлива, а также для накопления энергии. Данный газ широко применяют в промышленности, на транспорте, в строительном и энергетическом секторах. При сжигании водорода выделяется водяной пар, который сам по себе не загрязняет окружающую среду, но является основным естественным парниковым газом в атмосфере. Использование водорода, таким образом, не

является абсолютно безвредным для экологии планеты, это, тем не менее, лучше, чем сжигание невозобновляемых ресурсов, таких как газ, нефть или уголь [9].

Для достижения углеродной нейтральности к 2050 году водород представляется важным источником энергии, способным выступить в качестве альтернативного топлива вместо нефти или газа. При этом ЕС не рассматривает водород как повсеместную замену ископаемому топливу: к 2050 году водород будет покрывать только 13–14% всех потребностей ЕС в энергии [10]. В то же время водород может внести свой вклад в устойчивое развитие и стабильное функционирование возобновляемой энергетики, выступая, в частности, в качестве накопителя и резервного источника энергии в условиях сезонных колебаний производства электроэнергии, полученной с использованием ВИЭ. Такие отрасли промышленности как металлургия и химия могут использовать водород как замену невозобновляемым источникам энергии для производства своей продукции (к примеру, стального проката или удобрений) [11]. Водород также подходит в качестве топлива для общественного транспорта и грузоперевозок, отопления жилых домов и помещений.

Распространение водорода в ЕС напрямую будет зависеть от экономической целесообразности и экологических последствий его производства. Стоимость водорода и величина его углеродного следа имеют определяющее значение для развития водородной энергетики в ЕС и напрямую зависят от технологии производства этого энергоносителя.

Основным способом получения водорода является паровая конверсия (риформинг) метана (CH_4). Также водород производят путем электролиза воды или пиролиза метана. Экологическое качество водорода, который является бесцветным газом, принято классифицировать по цветам. В ЕС выделяют, например, «зеленый», «серый», «голубой» и «бирюзовый» виды водорода [12].

При **паровом риформинге** происходит взаимодействие метана с парами воды при высокой температуре под большим давлением. Это основной способ получения водорода в современном мире — около 95% всего полученного водорода, при производстве которого в атмосферу Земли выбрасывается примерно 830 млн т CO_2 ежегодно [13]. Для сравнения, общий объем выбросов CO_2 всеми пассажирскими автомобилями за 2020 год составил 3 млрд т [14]. Помимо водорода при паровом риформинге образуется CO_2 (примерно 8 кг CO_2 на 1 кг H_2 [15]), поэтому произведенный таким способом водород называется **«серым»**. Для нейтрализации CO_2 необходимы технологии «улавливания, использования и захоронения CO_2 » («Carbon capture, use and storage»). Водород, при производстве которого улавливается CO_2 , получил название «голубой». Для получения «голубого» водорода используется кислород, поэтому такой способ всегда связан с выбросом CO_2 . Уровень эффективности установок по улавливанию CO_2 достигает 90% [16]. Так как в рамках работы таких установок происходит захоронение CO_2 , то в дальнейшем газ уже не используется в обороте и представляет собой невозвратные расходы.

Производить водород можно также путем **электролиза воды** в электролизере. Если в качестве источника энергии для электролиза выступает ВИЭ, то речь идет о самом чистом водороде (в терминологии ЕС его также называют возобновляемым или **«зеленым»** [17]). Производство «зеленого» водорода связано с рядом трудностей. Процесс его производства достаточно энергоемок: для производства 1 кг такого водорода требуется затратить около 48–78 кВт·ч электроэнергии [18]. Для сравнения: производство 1 кг «серого» или «голубого» водорода требует около 1–2 кВт·ч [19], «бирюзового» — около 5–6 кВт·ч [20] электроэнергии. При этом разработка наиболее эффективных электролизеров, которые позволяют производить водород с наименьшим уровнем затрачива-

емой энергии, возможна благодаря использованию редкоземельных металлов, таких как платина или молибден. Эти технологии находятся только в начале своего пути, и все еще обходятся дорого [21].

Также электролиз требует большое количество воды. Некоторые эксперты отмечают, что на один килограмм произведенного водорода необходимо безвозвратно затратить 9 килограммов воды. При средней рассчитанной годовой потребности в водороде около 2,3 гигатонн необходимо обеспечить порядка 20,5 гигатонн воды или около 20,5 млрд м³, что соответствует всего лишь 0,00015% всех запасов пресной воды на Земле [22]. Однако недостаток имеющихся водных ресурсов для электролиза может стать определенной проблемой, если параллельно с этим процессом у государств не получится уменьшить свою зависимость от добычи и использования ископаемого топлива, которым, в свою очередь, также требуются водные ресурсы.

При этом стоимость «зеленого» водорода в большинстве случаев и регионов пока еще превосходит цену остальных видов водорода. Так, стоимость производства «серого» водорода в ЕС составляет около 1,73 доллара США за 1 кг H₂, «голубого» — 2,32 доллара США за 1 кг H₂ [23], а 1 кг «зеленого» водорода обходится в 2,5–6 долларов США [24].

Дополнительной трудностью является тот факт, что возможностей ЕС может не хватить для полноценной реализации водородной производственной и транспортной инфраструктуры. По мнению некоторых экспертов ЕС может оказаться не способен произвести необходимый ему объем «зеленого» водорода ввиду отсутствия достаточных мощностей для производства энергии из ВИЭ, ограниченности территории для строительства производственных мощностей и недостатка редкоземельных металлов для установок генерации [25].

Третьим из рассматриваемых способов получения водорода является **пиролиз метана**, в процессе которого метан подвергают термическому разложению при высоких температурах без участия кислорода, ввиду чего прямые выбросы CO₂ отсутствуют. Вместо этого при пиролизе получают побочный продукт производства водорода — твердый углерод. Он может использоваться для производства, например, графена, углеродных нанотрубок или синтетического графита, которые находят свое применение в ряде отраслей народного хозяйства. Твердый углерод гораздо легче хранить, чем его газообразную форму, к тому же ему не нужны улавливатели CO₂. Такой вид водорода получил название «**бирюзового**» [26]. Технологии получения водорода методом пиролиза находятся на ранних этапах разработки. К примеру, технология получения водорода путем плазменного пиролиза в настоящее время активно применяется американской компанией Monolith Materials, стратегия которой основана на производстве твердого углерода и водорода как побочного продукта [27]. Немецкая компания BASF в консорциуме с рядом других предприятий (Thyssenkrupp) и университетов (Бохума, Дортмунда) разрабатывает технологию термokatалитического пиролиза метана с целью выхода на полный цикл производство водорода и углерода к 2030 году [28].

Некоторые авторы [29] находят пиролиз метана более экономически и экологически перспективной технологией, которая позволяет не только производить водород без выбросов CO₂, но и делать это с меньшим расходом энергии, а также получать твердый углерод для дальнейшего промышленного использования.

Общей проблемой в независимости от способа производства водорода является необходимость строительства дорогостоящей трубопроводной инфраструктуры. В настоящее время водородные трубопроводы в ЕС находятся, в основном, во Франции, Нидерландах

и странах Бенилюкса, а их общая протяженность составляет менее 2000 км [30]. В рамках проекта European Hydrogen Backbone к 2040 году планируется построить 53000 километров новых трубопроводов и адаптировать существующую газотранспортную инфраструктуру для обеспечения транспортировки водорода. Это потребует 80–143 млрд евро [31]. Для сравнения протяженность газовых трубопроводов сегодня превышает 1,2 млн км [32].

Из трех видов водорода в ЕС отдается предпочтение «зеленому» поскольку только он является полностью безуглеродным, что соответствует целям Парижского соглашения и «Зеленой сделки». «Голубой» водород рассматривается как временный вариант до тех пор, пока от него нельзя полностью отказаться из-за дороговизны производства зеленого водорода [33].

В других странах «голубому» водороду отводится большая роль. К примеру, США собираются обеспечивать свою энергетическую безопасность путем производства водорода как с использованием энергии, полученной из ВИЭ, так и из энергии от ископаемых источников с использованием установок по улавливанию, использованию и захоронению CO_2 [34]. Китай, который в настоящее время большую часть водорода производит при помощи угля, подобно США также рассчитывает развивать технологии декарбонизации процесса получения водорода [35]. Подход Австралии во многом совпадает с американским и китайским, где к чистому водороду также относится произведенный из угля или газа водород с использованием улавливателей CO_2 [36].

Любопытно, что даже государства-члены ЕС в своих национальных водородных стратегиях разделяют позицию указанных выше стран. Так, авторы национальной водородной стратегии Венгрии [37], по их мнению, представляют «реалистичное» видение будущего водородной экономики. В долгосрочной перспективе Венгрия планирует сфокусироваться на «зеленом» водороде, однако в дополнение к водороду, полученному при использовании энергии ВИЭ (в основном, от солнца), страна в кратко- и среднесрочной перспективе планирует сохранять ископаемое топливо как основу производства водорода в целях обеспечения жизнеспособного водородного рынка. Это делается для поддержания конкурентоспособных цен на водород на первых этапах перехода к производству «зеленого» водорода. Венгрия, таким образом, не спешит отказываться от водорода, произведенного на ископаемом топливе, если это можно достичь путем декарбонизации производства. В настоящее время в Венгрии водород производится путем парового риформинга метана, который оставляет высокий углеродный след. Стратегия предусматривает развитие технологий производства водорода с использованием улавливателей CO_2 , а также путем пиролиза метана. К 2030 году для промышленного применения планируется производить 20 000 т/год «низкоуглеродного» водорода и около 4000 т/год «зеленого» и прочих видов «безуглеродного» водорода. Еще 10 000 т/год «зеленого» водорода планируется производить для использования на транспорте.

В ряде других стран центральной Европы просматриваются схожие тенденции. В водородной стратегии Словакии упор делается на развитие технологий производства водорода с использованием энергии, полученной из ВИЭ, а также «голубого» «низкоуглеродного» водорода [38]. Ввиду особенностей географического положения Чешской Республики, власти этой страны собираются продвигать не только идею «зеленого» водорода, но и поддерживать технологии производства «низкоуглеродного» водорода [39].

Предпосылки ускоренного развития чистого водорода

Переход на ВИЭ и водород — это длительный процесс, который занимает время. Ветрогенераторы и солнечные панели, а также водородные установки не могут в одно-

часье изменить энергетический ландшафт ЕС. Энергосистема, имеющая в своей основе такие источники энергии, требует существенных инвестиций. Однако на мой взгляд, в свете происходящего в 2022 году в Украине конфликта рост цен на энергоресурсы позволит ЕС всерьез сфокусироваться на энергоэффективности. Речь идет, в первую очередь, об экономии энергетических ресурсов домохозяйствами и промышленностью, что уже нашло свое отражение в плане Европейской Комиссии по значительному сокращению энергозависимости от России и ускорению «зеленого» перехода [40]. Сэкономленные деньги могут стать основой инвестиций в сектор ресурсоэффективных технологий, включая водородные, необходимых для ускорения энергоперехода.

Начавшийся энергетический кризис также может поспособствовать ускоренному развитию «зеленой» водородной энергетики в ЕС, сделав не только «голубой», но и «серый» водород менее привлекательными с экономической точки зрения. Это связано с тем, что цена производства этих видов водорода напрямую коррелирует с ценами на газ. На стоимость природного газа, в отличие от нефти, влияет только уровень спроса и предложения; в мире не существует стратегических запасов газа, которые можно выпустить на рынок для поддержания низкого уровня цен.

К примеру, по состоянию на 02.03.2022 в регионе ЕМЕА (Европа, Ближний Восток и Африка) цена производства «серого» водорода достигала 6,71 доллара США за 1 кг, в то время как цена «зеленого» водорода, произведенного с помощью ВИЭ, варьировалась в коридоре от 4,84 до 6,68 долларов США за кг. За 1 год с мая 2021 г. по май 2022 г.⁴ цены на фьючерсы на газ в газовом хабе TTF в Нидерландах выросли почти в пять раз (с 219,5 долларов США до 1056,5 долларов США за 1000 м³) [41], что делает коммерчески привлекательным переход к производству «зеленого» водорода уже сейчас. Высокие цены на газ остаются сильным стимулом для стран ЕС делать шаги в направлении ускоренного развития «зеленого» водорода.

Россия до недавнего времени оставалась основным поставщиком газа для ЕС. Доля европейского импорта природного газа российского происхождения по результатам 2021 года составила 39,2%, в то время как доля Норвегии, второго по величине поставщика, — 25,1% [42]. Но уже к концу 2022 года ЕС планирует значительно сократить объем закупаемого из России ископаемого топлива. Постепенный отказ ЕС от российского природного газа, являющегося основным источником для производства водорода, создает спрос на сжиженный природный газ из третьих стран, цена на который будет оставаться высокой. Маловероятно, что на производство водорода могут быть направлены значительные объемы природного газа. Это еще один аргумент в пользу возрастающей конкурентоспособности «зеленого» водорода.

Официальные заявления руководства Европейской Комиссии подтверждают планы полного отказа ЕС от поставок энергоносителей из России гораздо раньше намеченного ранее 2030 года [43]. Причем отказаться планируется от газа, который мог бы стать основой для производства «голубого» или «бирюзового» водорода в самом ЕС. С учетом стремления ЕС значительно увеличить в 2030 году производство и импорт «зеленого» водорода (до 20 млн т) [44], желания перестать зависеть от поставок энергоресурсов из России, а также практически полного достижения климатической нейтральности ряда стран ЕС (например, Германия планирует достичь нулевого выброса CO₂ к 2045 году [45]), потенциал использования российского газа для производства водорода в ЕС, по моему мнению, сузится и будет ограничен странами, которые в среднесрочной перспективе не

⁴По состоянию на 17.05.2022

смогут заместить поставки по инфраструктурным причинам, к примеру, Венгрией [46]. Хотя именно выстраивание долгосрочных отношений с ЕС в сфере возобновляемой энергетики позволило бы России более плавно с экономической точки зрения пережить постепенный отказ своего крупнейшего торгового партнера от российских энергоресурсов.

Таким образом, естественный ответ ЕС на развернувшийся энергетический кризис состоит в ускоренном развитии возобновляемой энергетики, усилении стрессоустойчивости производства, транспортировку и хранение «зеленого» водорода, снижении энергозависимости от России и диверсификации торговых отношений с другими странами. На мой взгляд, для «зеленого» водорода это послужит серьезным импульсом опережающего развития на пути замещения традиционных видов топлива.

Что касается самой России, то интерес к производству «зеленого» водорода здесь невелик уже потому, что ему сложно соперничать с газом, по запасам которого Россия находится на первом месте в мире (37,4 трлн куб. м.) [47], что составляет примерно 20% от всех изведенных запасов газа на планете. В связи с этим энергосистема России энергоизбыточна, и на данном этапе она оставляет ВИЭ и водороду немного места в российской экономике — либо энергоснабжение удаленных объектов, либо работа на общих основаниях в энергодефицитных регионах.

Антагонизм взглядов ЕС и России на будущее «зеленого» водорода для экономики двух сторон демонстрируется диаметрально противоположными подходами к его роли в обеспечении своей энергетической независимости и экономической выгоды. В то время как «зеленый» водород наряду с ВИЭ постепенно будет становиться *sine qua non*⁵ экономик стран ЕС, в России превалирует мнение о необходимости развивать технологии получения водорода из газа. По мнению российских ученых, развивая чистые виды топлива, целенаправленно сокращать использование ископаемого топлива нецелесообразно, поскольку нефть и газ не уступят лидерство в мировом энергобалансе еще очень долгое время ввиду чисто экономических причин [48].

Выводы

В настоящей статье сделана попытка показать особенности трансформации энергетической политики ЕС, конечной целью которой является сохранение окружающей среды для будущих поколений не только в ЕС, но и мире. Став лидером глобального энергоперехода, ЕС коллективными усилиями своих государств-членов продолжает способствовать достижению цели углеродной нейтральности и недопущению роста температуры атмосферы Земли, обозначенной в Парижском соглашении. Инновационные технологии декарбонизации производства энергии являются основным инструментом на пути к достижению этой цели, поэтому ЕС наряду с другими странами вкладывает большие средства в развитие способов использования энергии, полученной из ВИЭ. Также активно развиваются технологии получения декарбонизированного водорода, где на первый план выходит «зеленый» водород. Такой водород стоит в авангарде политической повестки ЕС — основного локомотива и пионера безуглеродного будущего планеты. Несмотря на дороговизну производства «зеленого» водорода, именно за ним закреплена роль основного вида топлива для энергетических систем и средства хранения энергии к 2050 году.

Очевидно, полноценная декарбонизация невозможна без отказа от газа, нефти и угля. Как было показано в статье, чрезмерная зависимость от невозобновляемых источников

⁵ *Sine qua non* — латинское выражение, обозначающее необходимое условие, а также действие или ингредиент. — Прим. ред.

энергии при ограниченном количестве поставщиков может в любой момент привести к негативным последствиям, что продемонстрировано в ходе кризисных событий в Украине. Следствием этого стала невозможность быстрого отказа некоторых стран ЕС от российских ископаемых энергоресурсов. К сожалению, обозримым перспективам России как надежного поставщика и основного торгового партнера ЕС нанесен очень тяжелый удар, ввиду чего со стороны ЕС ожидается форсированное сворачивание российского импорта в сфере энергоресурсов, а также сотрудничества в сфере ВИЭ и поставке «бирюзового» водорода как альтернативе «зеленому» водороду.

Новый этап развития энергетической сферы в Европе может подтолкнуть многих «колеблющихся» участников международных энергетических отношений твердо встать на путь развития и внедрения технологий «зеленой» энергетики, среди которых водород занимает важнейшее место. В долгосрочной перспективе это окажет кумулятивное положительное влияние на окружающую среду и энергетическую безопасность всего мира.

Литература

1. Communication for the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - 20 20 by 2020 - Europe's climate change opportunity. Brussels, 23.1.2008, COM(2008) 30 final. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52008DC0030>
2. Carbon dioxide (CO₂) emissions in the European Union from 1965 to 2020 (in million metric tons of CO₂). URL: <https://www.statista.com/statistics/450017/co2-emissions-europe-eurasia/#:~:text=The%20European%20Union%20produced%20approximately,at%203.99%20billion%20metric%20tons.>
3. Данные Европейского экологического агентства. URL: <https://www.eea.europa.eu/ims/share-of-energy-consumption-from>
4. European Council Conclusion EUCO 169/14, 24.10.2014. URL: <https://www.consilium.europa.eu/media/24561/145397.pdf>
5. Communication for the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Stepping up Europe's 2030 climate ambition. Brussels, 17.9.2020, COM(2020) 562 final. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0562>
6. Парижское соглашение. Официальный сайт ООН. URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement>
7. Communication from the Commission. The European Green Deal, Brussels, 11.12.2019. COM(2019) 640 final. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1588580774040&uri=CELEX:52019DC0640>
8. World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency, IRENA (2022), Abu Dhabi. Стр. 31.
9. Аксютин О., Ишков А., Романов К., Тетеревлев Р. Роль российского природного газа в развитии водородной энергетики. Энергетическая политика. Общественно-дело-

- вой научный журнал. 25.03.2021. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions № COM(2020) 301 final, 08.07.2020. URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf
10. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. European Commission. Brussels, 8.7.2020. COM(2020) 301 final. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>
 11. EU hydrogen policy. Hydrogen as an energy carrier for a climate-neutral economy. Gregor Erbach and Liselotte Jensen. European Parliamentary Research Service. Climate Action Research and Tracking Service, Members' Research Service. PE 689.332 – April 2021. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI\(2021\)689332_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI(2021)689332_EN.pdf)
 12. The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities. Technology report, июнь 2019. International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
 13. Carbon dioxide emissions from passenger cars worldwide from 2000 to 2020 (in billion metric tons of CO₂). URL: <https://www.statista.com/statistics/1107970/carbon-dioxide-emissions-passenger-transport/>
 14. Hydrogen Production via Steam Reforming: A Critical Analysis of MR and RMM Technologies. Franchi G, Capocelli M, De Falco M, Piemonte V, Barba D. Membranes (Basel). 2020;10(1):10. Published 2020 Jan 3. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7022555/>
 15. Carbon Capture. Center for climate and energy solutions. URL: <https://www.c2es.org/content/carbon-capture/>
 16. Hydrogen. European Commission. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-system-integration/hydrogen_en
 17. Hydrogen and hydrogen-derived fuels through methane decomposition of natural gas – GHG emissions and costs. Sebastian Timmerberg, Martin Kaltschmitt, Matthias Finkbeiner. Energy Conversion and Management: X 7 (2020) 100043.
 18. Andi Mehmeti, Athanasios Angelis-Dimakis, George Arampatzis, Stephen J. McPhail and Sergio Ulgiati. Life Cycle Assessment and Water Footprint of Hydrogen Production Methods: From Conventional to Emerging Technologies. Environments – February 2018. Стр. 5. URL: https://www.researchgate.net/publication/322953347_Life_Cycle_Assessment_and_Water_Footprint_of_Hydrogen_Production_Methods_From_Conventional_to_Emerging_Technologies
 19. Whether green, blue, or turquoise, hydrogen needs to be clean and cheap. Bulletin of the Atomic Scientists. Eric McFarland, January 21, 2022. URL: <https://thebulletin.org/2022/01/whether-green-blue-or-turquoise-hydrogen-needs-to-be-clean-and-cheap/>
 20. Платина экспоненциально повышает производительность водородного электролизера. 16.07.2020. Металлурпром. URL: <https://metallurgprom.org/articles/digest/4742-platina-jeksponecialno-povyshaet-proizvoditelnost-vodorodnogo-jelektrolizera.html>

21. Rebecca R. Beswick, Alexandra M. Oliveira, Yushan Yan. Does the Green Hydrogen Economy Have a Water Problem? ACS Energy Lett. 2021, 6, 3167–3169
22. The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities. Technology report, июнь 2019. International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
23. The hydrogen trajectory. What does research tell us about the pace of development of hydrogen technologies? KMPG. URL: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2020/11/the-hydrogen-trajectory.html#:~:text=Cost%20of%20green%20hydrogen%20from,is%20cost%20competitive%20with%20blue>
24. Романова Т.А. «Зеленый курс» и стрессоустойчивость энергетических отношений России и ЕС. Вестник международных организаций. 2021. Т. 16, № 3, стр. 114
25. Between Green and Blue: a debate on Turquoise Hydrogen. Highlights from the online debate: Industry experience and prospectives in Pyrolysis. 18.03.2021. European University Institute. Florence School of Regulation (FSR). URL: <https://fsr.eui.eu/between-green-and-blue-a-debate-on-turquoise-hydrogen/>
26. Laurent Fulcher. Methane pyrolysis: The third way for low CO2 hydrogen production. MINES-ParisTech. Research University Paris. URL: https://eui1-my.sharepoint.com/personal/chiaa_canestrini_eui_eu/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fchiaa%5Fcanestrini%5Feui%5Feu%2FDocuments%2FAttachments%2F2021%20Methane%20Pyrolysis%20plasma%20Florence%20School%20Regulation%20%20fulcheri%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fchiaa%5Fcanestrini%5Feui%5Feu%2FDocuments%2FAttachments&ga=1
27. Detlef Kratz. Methane Pyrolysis: The solution to CO2-free Hydrogen and High Purity Carbon. BASF SE, Ludwigshafen, Germany. URL: https://eui1-my.sharepoint.com/personal/chiaa_canestrini_eui_eu/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fchiaa%5Fcanestrini%5Fcanestrini%5Feui%5Feu%2FDocuments%2FAttachments%2F17%5F03%2D2021%5FMe2H2%5FFSR%20dialogue%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fchiaa%5Fcanestrini%5Feui%5Feu%2FDocuments%2FAttachments&ga=1
28. Конопляник А.А. Вызовы для России в рамках глобальной газовой трансформации – и возможные решения. Мировая экономика и энергетика: драйверы перемен / Под ред. С. Жукова. – М.: ИМЭМО РАН, 2020, стр. 52.
29. Hydrogen Pipelines. URL: <https://h2tools.org/hyarc/hydrogen-data/hydrogen-pipelines>
30. European Hydrogen Backbone. URL: <https://ehb.eu/page/estimated-investment-cost>
31. Contrasting European hydrogen pathways. Oxford Institute for Energy Studies. March 2021. URL: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/03/Contrasting-European-hydrogen-pathways-An-analysis-of-differing-approaches-in-key-markets-NG166.pdf>
32. Climate change: MEPs advocate push for renewable hydrogen, integration of energy systems. Press Release. European Parliament. 19.05.2021. URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20210519IPR04310/meps-advocate-push-for-renewable-hydrogen-integration-of-energy-systems>
33. Hydrogen Strategy. Enabling A Low-Carbon Economy. Office of Fossil Energy United States Department of Energy, Washington, DC 20585. Стр. 3. URL: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/07/f76/USDOE_FE_Hydrogen_Strategy_July2020.pdf

34. Hydrogen development strategies: a global perspective. BY: Alicia García-Herrero, Simone Tagliapietra and Victor Vorsatz. 30.08.2021. URL: <https://www.bruegel.org/2021/08/hydrogen-development-strategies-a-global-perspective/>
35. Australia's National Hydrogen Strategy. COAG Energy Council Hydrogen Working Group. Стр. 39. URL: <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2019-11/australias-national-hydrogen-strategy.pdf>
36. Hungary's national hydrogen strategy. Strategy for the introduction of clean hydrogen and hydrogen technologies to the domestic market and for establishing background infrastructure for the hydrogen industry. May 2021. URL: <https://cdn.kormany.hu/uploads/document/a/a2/a2b/a2b2b7ed5179b17694659b8f050ba9648e75a0bf.pdf>
37. Národná vodíková stratégia "Pripravení na budúcnosť". Prof. Juraj Sinay, Ing. Martin Jesný, Mgr. Ján Weiterschütz, MSc., Ing. Peter Blaškovič, Ing. Richard Sulík. Стр. 4. URL: <https://rokovania.gov.sk/RVL/Material/26128/1>
38. MPO představilo Vodíkovou strategii ČR i konkrétní vodíkové projekty. 16.7.2021. URL: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/mpo-predstavilo-vodikovou-strategii-cr-i-konkretni-vodikove-projekty--262453/>
39. REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition. Press release. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_3131
40. Данные Министерства финансов Украины, [https://index.minfin.com.ua/markets/gas/Intercontinental Exchange](https://index.minfin.com.ua/markets/gas/Intercontinental%20Exchange). URL: <https://www.theice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Gas-Futures/data?marketId=5387641&span=3>
41. Данные Евростата. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_imports_of_energy_products_-_recent_developments#Main_suppliers_of_natural_gas_and_petroleum_oils_to_the_EU
42. REPowerEU: Joint European action for more affordable, secure and sustainable energy. European Commission. Press release. 8.3.2022. Strasbourg. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1511
43. REPowerEU Plan. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 18.5.2022, COM(2022) 230 final. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483>
44. Germany. Climate Action Tracker. URL: <https://climateactiontracker.org/countries/germany/net-zero-targets/>
45. Hungary's dependence on Russian energy will make ending those ties very painful. Bne IntelliNews. URL: <https://intellinews.com/hungary-s-dependence-on-russian-energy-will-make-ending-those-ties-very-painful-242826/?source=hungary>
46. По данным сайта World Population Review по состоянию на 2020 год. URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/natural-gas-by-country>
47. Чистая экономика: почему России не стать водородной державой? «Нефть и Газ Сибири», № 4, 41, 2020, стр. 27.

События

**ЧИСТАЯ
СТРАНА**
IV международный
форум-выставка **2023**

Чистая страна

Международный форум-выставка

1–3 марта 2023

Россия, Москва, технопарк «Сколково»



SEYMARTEC ENERGY

Энергообеспечение и энергоэффективность в горной добыче, металлургии, машиностроении, энергетике и нефтегазовой отрасли

Международный форум

13–15 марта 2023

Россия, Челябинск, гостиница «RADISSON BLU»

**БИОТОПЛИВНЫЙ
КОНГРЕСС**

Крупнейшее в России международное
бизнес-мероприятие биотопливной отрасли

БИОТОПЛИВНЫЙ КОНГРЕСС

Международное бизнес-мероприятие

14–15 марта 2023

Россия, Санкт-Петербург, Airportcity Plaza



WASMA

Международная выставка оборудования и технологий для утилизации отходов и очистки сточных вод

Международная выставка, конгресс, конференция

14–16 марта 2023

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»



Экология большого города

Международный форум

22–24 марта 2023

Россия, Санкт-Петербург, конгрессно-выставочный центр «ЭКСПОФОРУМ»



Автономные источники тока

Международная специализированная выставка

10–12 апреля 2023

Россия, Москва, Правительство Москвы



Биомасса: топливо и энергия

Конгресс и выставка

12–13 апреля 2023

Россия, Москва, отель «Холидей Инн Лесная»



Экология и технологии

Экологический форум и специализированная выставка

12–14 апреля 2023

Россия, Уфа, ВК «ВДНХ-Экспо»



Российский международный энергетический форум (РМЭФ)

Международный форум-выставка

18–20 апреля 2023

Россия, Санкт-Петербург, конгрессно-выставочный центр «ЭКСПОФОРУМ»



**IX Невский
международный
экологический
конгресс**

Невский международный экологический конгресс

Международный конгресс

25–26 мая 2023

Россия, Санкт-Петербург, Таврический дворец



IX МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

ЭКОЛОГИЯ

Экология

Международный форум

5–6 июня 2023

Россия, Москва, Центр международной торговли



RENWEX

Возобновляемая энергетика и электротранспорт

Международная выставка и форум

20–22 июня 2023

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»



**ВСЕРОССИЙСКИЙ
ВОДНЫЙ КОНГРЕСС**

VODEXPO.

VII Всероссийский водный конгресс

Конгресс и выставка

20–22 июня 2023

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»



**SEYMARTEC
ECOLOGY**

SEYMARTEC ECOLOGY

Экология, промышленная безопасность и охрана труда

Международный форум

6–7 сентября 2023

Россия, Челябинск, гостиница «RADISSON BLU»



Российская энергетическая неделя (РЭН)

Международный форум

11–13 октября 2023

Россия, Москва, ЦВЗ «Манеж»



Всероссийский индустриальный экологический форум

Выставки «ПРОМТЕХЭКСПО», «Город. Экология.
Благоустройство»

Форум, выставка-ярмарка

25–27 октября 2023

Россия, Новокузнецк, выставочный комплекс
«Кузбасская ярмарка»



Конференция ООН по климату COP28

Саммит

30 ноября — 12 декабря 2023

ОАЭ, Дубай, Expo City Dubai



Будущее возобновляемой энергетики в России

Конференция

6 декабря 2023

Россия, Москва, отель Continental

Виктор Орлов,

лауреат Международной энергетической премии
«Глобальная энергия» 2022 года

Международная энергетическая премия «Глобальная энергия» — это награда за выдающиеся научные исследования и научно-технические разработки в области энергетики, которые содействуют повышению эффективности и экологической безопасности источников энергии на Земле в интересах всего человечества. Премия была учреждена в 2002 году и присуждается ежегодно ведущим ученым мира по решению Международного комитета.

13 октября 2022 года на Международном форуме «Российская энергетическая неделя» состоялась церемония вручения премии Глобальная энергия. Заместитель Председателя Правительства России Александр Новак вручил премию «Глобальная энергия» доктору физико-математических наук Виктору Орлову за фундаментальные исследования по разработке инновационных энергетических технологий на основе быстрых реакторов с теплоносителем из тяжелых металлов и замкнутым топливным циклом.



**Орлов
Виктор Владимирович**

Доктор физико-математических наук, главный специалист
Центра инновационных технологий «Росатома»

Один из пионеров термоядерной физики: определил и оценил возможные решения основных инженерных проблем термоядерных реакторов и описал ключевые принципы проектирования токамака, первого термоядерного реактора, как с физической, так и с технической точки зрения. Виктор Орлов также предложил обеспечить прирост мировой энергетики за счет инновационной ядерной технологии, основанной на экологически чистом реакторе на быстрых нейтронах с замкнутым топливным циклом и теплоносителем из тяжелых металлов. Реалистичность этой концепции подтвердил пилотный реактор на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем (СБР), спроектированный под руководством В.В. Орлова.

Виктор Орлов внес ценный вклад в теорию резонансного поглощения и диффузии нейтронов в активных средах с резонансными сечениями. Среди его главных достижений — синтез теорий Гуревича-Померанчука и Вигнера, эффект взаимодействия блочного урана в «узких» штыревых пучках и анализ теплового эффекта Доплера. Его открытия послужили важной основой для проектирования первых реакторов для атомных электростанций и подводных лодок. В сотрудничестве с Гурием Марчуком Виктору Орлову удалось применить теорию возмущений к линейным и нелинейным функционалам потока нейтронов, что помогло улучшить физику ядерных реакторов и даже создать первые программы оптимизации.

Ежегодный доклад

«10 прорывных идей в энергетике
на следующие десять лет»



17 июня 2022 года Ассоциация «Глобальная энергия» представила третий по счету ежегодный доклад **«10 прорывных идей в энергетике на следующие десять лет»**, подготовленный при участии ученых из Греции, ОАЭ, России, США, Швейцарии. Презентация доклада прошла на сессии «Глобальные вызовы энергобаланса — 2022» в рамках Петербургского международного экономического форума (ПМЭФ-2022).

Большинство глав доклада посвящены работам в области «новой» энергетики, которые могут найти коммерческое применение в ближайшие десятилетия. Среди них — низкоуглеродное топливо на основе аммиака, которое может стать альтернативой мазуту и сжиженному природному газу (СПГ) на морском транспорте; технологии замкнутого ядерного цикла, которые позволят повторно использовать ядерное топливо; перовскитные фотоэлектрические элементы, которые способны резко повысить эффек-

тивность выработки электроэнергии с помощью солнечных панелей.

В доклад 2022 года впервые вошла глава (11-я), написанная финалистами программы «Молодой ученый 4.0». Этот проект по поддержке талантливых специалистов отрасли ассоциация «Глобальная энергия» реализует совместно с ПАО «Газпром». Глава посвящена проблемам хранения водорода, а также использованию «умных» систем для транспортировки газа.

«Ряд инноваций, представленных в докладе, позволит увеличить спрос на традиционные источники энергии в низкоуглеродный век: в их числе — улавливание диоксида углерода из воздуха, а также получение водорода из шахтного метана», — отметил президент «Глобальной энергии» Сергей Брилёв.

«Существует растущий консенсус в отношении того, что внедрение водорода, как «голубого», так и «зеленого», будет ускоряться в период между 2022 и 2030 гг. по мере формирования предложения и спроса», — заявил один из авторов доклада Стивен Гриффитс, старший вице-президент по научным исследованиям и разработкам, практикующий профессор Университета науки и технологий Халифа. «Сначала он будет находить применение в химических производствах, переработке нефти, выплавке стали и железа, а также в дальних перевозках. Поскольку рост спроса в этих секторах будет стимулировать производство «зеленого» и «голубого» водорода, издержки на их получение снизятся, что позволит другим отраслям использовать водород на более дешевой основе. К 2050 г. сокращение эмиссии CO₂, связанное с использованием водорода, может составить от 5% до 10%».

10 прорывных идей в энергетике на следующие десять лет

Оглавление

- 1. Низкоуглеродное топливо на основе аммиака**
 Стивен Гриффитс, старший вице-президент по научным исследованиям и разработкам, практикующий профессор Университета науки и технологий Халифа
 Джоао Уратани, научный сотрудник Университета науки и технологий Халифа
- 2. Перовскитные солнечные элементы**
 Мохаммад Насируддин, адъюнкт-профессор, Институт химических наук и инженерии, Федеральная политехническая школа Лозанны (EPFL)
 Мария Василопулу, научный сотрудник, Институт нанонауки и нанотехнологий, Национальный центр научных исследований "Demokritos"
- 3. Электромобили и инфраструктура**
 Эхаб Ф. Эль-Саадани, Директор, Центр современной энергетики; профессор, Университет Халифа, Абу-Даби, ОАЭ
 Джамаль Аль Савалхи, Доцент, Центр передовых технологий и энергетики, Университет Халифы
- 4. Получение водорода из шахтного метана**
 Исмагилов Зинфер Ришатович, директор Института углехимии и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН
 Матус Екатерина Владимировна, старший научный сотрудник Института катализа СО РАН
 Исмагилов Ильяс Зинферович, научный сотрудник Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН
- 5. Замкнутый ядерный топливный цикл**
 Першуков Вячеслав Александрович, специальный представитель Госкорпорации «Росатом» по международным и научно-техническим проектам, Руководитель проектного направления «Прорыв»
 Тихомиров Георгий Валентинович, профессор НИЯУ МИФИ, Заместитель директора Института ядерной физики и технологий
- 6. Переработка литий-ионных батарей**
 Халил Амин, заслуженный научный сотрудник, руководитель группы передовых технологий литиевых аккумуляторов, Аргоннская национальная лаборатория
 Джун Лу, химик, Аргоннская национальная лаборатория
- 7. Прямое улавливание углерода из воздуха**
 Омар М. Яги, содиректор Института научных энергетических исследований в наномасштабах им. Кавли, Калифорнийский университет в Беркли
 Хао Лю, химический факультет, Калифорнийский университет в Беркли
- 8. Микросети на базе блокчейна**
 Николаос Хатциаргириу, директор, Лаборатория энергетических систем, Афинский национальный технический университет
- 9. Человек как электростанция: трибоэлектрические наногенераторы**
 Чжун Линь Ван, заведующий кафедрой Хайтауэр по материаловедению и инженерии, Технологический институт Джорджии
- 10. Геотермальная энергия**
 Сергей Владимирович Алексеенко, научный руководитель Института теплофизики СО РАН
- 11. Современные методы и технологии повышения безопасности и эффективности углеводородной энергетики**
 Денис Дмитриевич Голдобин, младший научный сотрудник Лаборатории водородных технологий Корпоративного научно-технического центра экологической безопасности и энергоэффективности ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
 Василий Николаевич Зеликов, младший научный сотрудник Лаборатории научно-методического и нормативного обеспечения проектирования газопроводов Корпоративного научно-технического центра управления техническим состоянием и целостностью производственных объектов ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
 Юлия Владимировна Сочнева, инженер-химик 1 категории Инженерно-технического центра ООО «Газпром трансгаз Саратов»

Полный текст доклада доступен на сайте Ассоциации «Глобальная энергия» www.globalenergyprize.org

Замкнутый ядерный топливный цикл

По соглашению с Ассоциацией «Глобальная энергия» журнал «Энергетический вестник» печатает главу 5 из доклада «10 прорывных идей в энергетике на следующие десять лет».



Першуков
Вячеслав Александрович

Специальный представитель Госкорпорации «Росатом» по международным и научно-техническим проектам, Руководитель проектного направления «Прорыв»



Тихомиров
Георгий Валентинович

Заместитель директора Института ядерной физики и технологий НИЯУ МИФИ

Введение

Благосостояние людей, живущих в стране, как правило, хорошо коррелирует с энергопотреблением на душу населения. Чем больше потребляется энергии, тем выше уровень жизни и доходы населения. При этом следует учитывать, что численность населения Земли постоянно увеличивается, и для новых жителей нашей планеты нужны новые энергетические мощности. На 1 января 2021 года в мире проживало примерно 7,85 миллиардов человек [1], и последние несколько лет население Земли увеличивается примерно на 90–95 млн чел в год, что составляет немногим более 1% ежегодного прироста. Скорее всего, в 2022 году численность населения Земли превысит восемь миллиардов человек.

В 2019 году на каждого жителя Земли приходилось 75,7 ГДж потраченной первичной энергии. В 2020 году, несмотря на пандемию COVID-19, глобальное потребление сократилось незначительно и составило 71,4 ГДж потраченной первичной энергии [2,3]. Доля угля, нефти и природного газа в энергетическом потреблении составила в 2019 году — 84,3%, в 2020 году — 83,1%. Будет не лишним напомнить, что при сжигании углеводородов выделяется CO_2 , который выбрасывается в атмосферу в гигантских количествах, исчисляемых миллиардами тонн. По данным Международного энергетического агентства, за последнюю декаду ежегодно в результате энергетической деятельности человека выбрасывается в атмосферу более 30 Гт углекислого газа [4].

Последние десятилетия практически все специалисты признают необходимость сокращения выбросов парниковых газов за счет энергетической деятельности человечества. В 2015 году в ООН было разработано Парижское соглашение по климату, в рамках которого страны обязуются ограничить ежегодные выбросы парниковых газов на уровне начала XXI века, что требует развития безуглеродных способов производства энергии. В 2020 году Международное энергетическое агентство опубликовало отчет, в котором представлен план-график снижения выбросов диоксида углерода до нуля к 2050 году.

Признавая важность сокращения выбросов парниковых газов в энергетической отрасли, возникает вопрос о новой энергетической политике, которая будет опираться на безуглеродные источники энергии. Одним из безуглеродных способов производства энергии является атомная генерация. Высокое энергосодержание ядерного топлива, которое в миллион раз «калорийнее» органического топлива, позволяет надеяться, что развитие атомной энергетики поможет человечеству обеспечить энергетические потребности и, при этом, не выбрасывать в атмосферу парниковые газы.

Однако, существующие технологии производства электроэнергии в ядерных реакторах на тепловых нейтронах не обеспечены топливными запасами, которые позволят развивать масштабную атомную генерацию. По оценкам экспертов МАГАТЭ, сырьевых запасов атомной энергетики на тепловых нейтронах, работающей в открытом ядерном топливном цикле, с существующими темпами роста ядерной генерации хватит на 130–150 лет [5]. Поэтому для перехода к масштабной ядерной энергетике, обеспеченной ресурсами на тысячи лет, человечеству необходимо переходить на замкнутый ядерный топливный цикл и ядерные реакторы нового поколения с быстрым спектром нейтронов.

Рост мощности ВИЭ

Электроэнергия сегодня является универсальным энергоресурсом, для производства которого могут использоваться различные способы. Доля первичной энергии, которая идет на производство электричества в 2020 году, составила 43% и неуклонно растет последние десятилетия. Эту цифру легко получить из отчетов ВР [2,3] зная долю атомной генерации в первичной энергии, которая рассчитывается с учетом КПД действующих АЭС, и долю АЭС в производстве электричества, которая рассчитывается на основе произведенной электроэнергии.

По данным [3], в мире в 2020 году было произведено 26823 ТВт·ч электроэнергии, 10% из которых было произведено на АЭС. На долю ВИЭ пришлось немногим более 11% при том, что по установленной мощности ВИЭ уже более чем в четыре раза превышают мощность АЭС. Рост мощностей ветряных и солнечных электростанций в мире за последнее десятилетие очень напоминает рост мощностей АЭС в мире с 1975 по 1985 годы [6]. В тот период ежегодно мощность установленных блоков увеличивалась на десятки ГВт. Скорость роста мощности АЭС достигла максимума в 1984 году, в котором было пущено более 30 новых блоков суммарной мощностью более 30 ГВт. При этом необходимо учитывать, что население Земли в 1975 году составляло немногим более 4 миллиардов человек, почти в два раза меньше, чем 2021 году. Поэтому ежегодный рост мощности ВИЭ на уровне десятков ГВт не кажется удивительным. Рано или поздно скорость роста замедлится. На это будут влиять различные причины: вывод ранее установленных мощностей из эксплуатации, уменьшение государственной поддержки сектора из-за ограниченности средств, неудовлетворенность потребителей низким коэффициентом использования установленной мощности (КИУМ) и зависимостью производительности от погодных условий, рост цен на материалы и комплектующие и др. В любом случае желательно иметь альтернативные источники энергии, и в этом контексте взоры политиков все чаще обращаются к атомной энергетике как надежному источнику энергии в режиме базовой нагрузки.

Проблема глобального потепления требует пересмотра портфеля источников потребляемой энергии. Задача отказа от использования угля и природного газа как основных источников производства электроэнергии и/или сдерживание выбросов диокси-

да углерода требует поиска новых масштабных источников энергии без выбросов CO₂. К таким источникам можно отнести большую гидроэнергетику, ветряную энергетику, солнечную энергетику и атомную энергетику. У каждой из перечисленных энергетик есть свои плюсы и минусы. Нужно также помнить, что все перечисленные виды энергетик работают только в области электрогенерации. В таблице 1 приведены данные об эффективности работы всех энергетик в 2020 году [3].

Таблица 1. Производство электроэнергии по типам генерации.

ИСТОЧНИК	МОЩНОСТЬ В 2020 ГОДУ, ГВт	ВЫРАБОТКА В 2020 ГОДУ, ТВт·ч	СРЕДНЕГОДОВОЙ КИУМ, %
Гидростанции	1330	3147	27,0
Атомные станции	394	2700	78,2
Ветряные станции	733	1591	24,8
Солнечные станции	708	856	13,8

Из таблицы 1 видно, что атомная энергетика является заметным игроком на рынке электрогенерации без выбросов углерода. Следует отметить, что низкий среднемировой КИУМ ветра и солнца в том числе связан с бурным ростом устанавливаемой мощности и пуско-наладочными работами на новых станциях. Однако, зависимость ветряных и солнечных станций от погодных условий требует либо наличия резервных мощностей на ископаемом топливе с запасом углеводородов или наличия больших аккумулирующих мощностей, которые будут неизбежно повышать стоимость произведенной электроэнергии.

Таким образом, атомная энергетика является энергетикой без выбросов парниковых газов в своем топливном цикле и освоенной технологией производства электроэнергии в промышленных масштабах.

Атомная энергетика – текущее состояние

По данным МАГАТЭ [6], на октябрь 2021 года в мире эксплуатировалось 442 энергетических энергоблока общей мощностью примерно 393,5 ГВт. Как было отмечено выше, на рынке производства электроэнергии в среднем по миру она имеет более 10% и опережает по объему произведенной энергии ветряные и солнечные электрические станции вместе взятые.

Однако, подавляющее большинство современных АЭС оснащены реакторами на тепловых нейтронах, в которых используется в качестве топлива диоксид урана, обогащенный по изотопу U-235 до 5%. Данная технология позволяет в качестве энергетических запасов использовать не более одного процента ископаемого урана, так как в нем содержание изотопа U-235 составляет 0,71%.

Разведанных запасов урана при существующих мощностях и темпах роста мощности атомной энергетик по расчетам специалистов объединенной урановой группы

АЯЭ¹/МАГАТЭ хватит на 130–150 лет [5]. Общий объем разведанных запасов урана, который можно добыть по цене не выше 260 долларов за килограмм, сегодня оценивается экспертами в диапазоне 10 миллионов тонн. В этом количестве масса изотопа урана ²³⁵ составляет примерно 70 тысяч тонн. Дополнительно в мире хранится 1,6 миллионов тонн отвалного урана, как продукта обогатительного производства.

Существующая атомная энергетика работает, в основном, в открытом ядерном топливном цикле, при котором отработавшие тепловыделяющие сборки (ТВС) не перерабатываются, а размещаются в специальных хранилищах. При этом следует отметить, что в отработавших ТВС около 97% массы представляют собой уран и плутоний, которые можно повторно использовать. Поэтому в ряде стран разрабатывались и/или разрабатываются технологии переработки отработавших ТВС. Например, во Франции переработка используется для производства смешанного уран-плутониевого топлива, которое используется в реакторах на тепловых нейтронах в Европе и в Японии. В России переработка сегодня используется для извлечения из отработавших ТВС ВВЭР² урана для использования его при производстве ТВС для реакторов РБМК³, а также для извлечения плутония для фабрикации МОКС-топлива для быстрого реактора БН-800 [7].



Источник: <https://strana-rosatom.ru>

Реактор БН-800 на четвертом блоке Белоярской АЭС полностью перешел на МОКС-топливо. Это важный шаг в выстраивании двухкомпонентной атомной энергетики с замыканием ядерного топливного цикла (по данным газеты «Страна РОСАТОМ» от 9 сентября 2022 года).

Однако, существующие технологии не могут решить проблему масштабного развития ядерной энергетики, потому что однократное повторное использование урана и плутония не позволяет кардинально изменить сырьевую базу ядерной энергетики, в основе которой лежат реакторы на тепловых нейтронах.

¹ Агентство по ядерной энергии (АЯЭ) является межправительственным многонациональным агентством при Организации экономического сотрудничества и развития. – Прим. ред.

² ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор. – Прим. ред.

³ РБМК – реактор большой мощности канальный. – Прим. ред.

Для масштабного развития атомной энергетики нужны «быстрые» реакторы, которые позволяют вовлекать в топливный цикл весь уран и весь плутоний. В таких реакторах можно реализовать многократный замкнутый уран-плутониевый топливный рецикл. Топливо быстрых реакторов, работающих в замкнутом ядерном топливном цикле, обязательно включает уран и плутоний. При эксплуатации быстрого реактора изотоп урана 238 эффективно превращается в изотопы плутония, деление которых обеспечивает практически всю выделяемую энергию. При этом масса изотопов плутония в отработавшем ядерном топливе превышает массу этих изотопов в свежем ядерном топливе. Плутоний в быстром реакторе выступает катализатором цепочки ядерных реакций, в результате которых изотоп урана 238 превращается не только в осколки деления, но и в плутоний. Если переработать отработавшую ТВС быстрого реактора, то для производства новой ТВС понадобится только обедненный (содержащий до 99,8% изотопа U-238) уран — побочный продукт обогащения урана, которого к настоящему времени накоплено уже миллионы тонн. Поэтому топливная база ядерной энергетики на основе ядерных реакторов на быстрых нейтронах с замкнутым ядерным топливным циклом позволяет говорить о масштабной ядерной энергетике на тысячи лет развития человечества.

Анализ (оценка) ископаемых ресурсов планеты показывает, что, если опираться только на ресурсный потенциал изотопа урана 235 и развивать атомную энергетику на основе тепловых ядерных реакторов, то доля урана составляет не более 6% от других ископаемых ресурсов (угля, нефти, природного газа). Однако, если рассматривать атомную энергетику на основе ядерных реакторов на быстрых нейтронах, то ее сырьевой потенциал составит более 85% [8].

Кроме ограниченности ресурсной базы у атомной энергетики с ядерными реакторами на тепловых нейтронах, функционирующей в открытом топливном цикле, есть еще один существенный недостаток — необходимость захоронения накопленного отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Объемы ОЯТ непрерывно растут и в настоящий момент составляют около трехсот тысяч тонн.

В настоящее время в мире эксплуатируются только два энергетических быстрых реактора БН-600 и БН-800. Оба эти реактора входят в состав Белоярской АЭС, расположенной недалеко от города Екатеринбург в России. Для разворачивания масштабного замкнутого цикла с неограниченной ресурсной базой этого, конечно же, недостаточно. Это понимают не только в России, но и в Китае, в Индии, в Корее, в США и в других странах, где идет разработка своих собственных моделей реакторов на быстрых нейтронах.

Замкнутый ядерный топливный цикл

Переработка ОЯТ и производство новых ТВС с выделенными ураном и плутонием составляют основу замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ). При этом также изолируются продукты деления, составляющие порядка 3% от массы ОЯТ и минорные актиноиды (изотопы нептуния, америция и кюрия), количество которых не превышает 0,1–0,3% от массы ОЯТ. Период основной массы изотопов продуктов деления не превышает 30 лет, и их можно безопасно изолировать. Минорные актиноиды из-за больших периодов полураспадов некоторых изотопов желателно подвергнуть ядерной трансмутации — перевода в продукты деления или изотопы, которые можно повторно использовать в реакторе.

Технологии, необходимые для переработки топлива и выделения различных фракций изотопов в промышленных масштабах, разрабатываются уже почти восемьдесят

лет. Замкнутый ядерный топливный цикл можно применять для ядерной энергетики, основанной на реакторах как на тепловых нейтронах, так и на быстрых нейтронах. В первом случае, целью является уменьшение опасности ОЯТ за счет повторного использования урана и плутония. Данный вариант ЗЯТЦ реализуется во Франции, для которой ядерная энергетика и её стабильность являются основой энергетической безопасности: во Франции доля ядерной генерации в общем объеме производства электричества последние двадцать лет превышает 70%. Ежегодно в этой стране образуется более тысячи тонн ОЯТ, которое после выдержки перерабатывается на заводе, расположенном на мысе Ла-Аг. После переработки на другом заводе, расположенном на площадке Маркуль, производится смешанное уран-плутониевое оксидное топливо, которое поставляется на действующие АЭС [9]. Данный ЗЯТЦ позволяет французской атомной промышленности «экономить» природный уран и минимизировать объем ядерных отходов, подлежащих захоронению. Этот пример демонстрирует технологическую готовность и экономическую целесообразность ЗЯТЦ в существующей ядерной энергетике. Подобные проекты, связанные с переработкой отработавших ТВС реакторов на тепловых нейтронах, реализуются в Великобритании, России и Японии. Однако, масса накопленного плутония в ОЯТ тепловых реакторов существенно меньше массы урана, которая превратилась в продукты деления. Поэтому говорить о принципиальном расширении топливной базы ядерной энергетики, основанной на тепловых реакторах, в настоящее время не приходится.

В 2000 году на саммите тысячелетия президент России В.В. Путин выступил с инициативой развития атомной энергетики, основанной на новых принципах, которые были сформулированы в Белой книге ядерной энергетики [10, 11]. Новая масштабная ядерная энергетика должна основываться на быстрых реакторах с естественной безопасностью, работающих в рамках замкнутого топливного цикла и, при захоронении РАО⁴ должен быть реализован принцип радиационной эквивалентности. При этом должны быть обеспечены технологическая поддержка режима нераспространения ядерных материалов и экономическая конкурентоспособность производимого электричества. С начала века в России идет реализация масштабного проекта «Прорыв», который полностью отвечает перечисленным выше требованиям. Одной из задач проекта «Прорыв» является строительство опытно-демонстрационного энергокомплекса (ОДЭК) в г.Северск Томской области. ОДЭК, который запланировано ввести в эксплуатацию к 2030 году, будет включать: модуль фабрикация ядерного топлива, демонстрационный новый быстрый реактор со свинцовым теплоносителем и модуль переработки отработавшего ядерного топлива. Строительство реактора началось летом 2021 года. *«Опытно-демонстрационный энергокомплекс впервые в мире должен продемонстрировать устойчивую работу полного комплекса объектов, обеспечивающих замыкание ядерного топливного цикла. Пристанционный вариант организации топливного цикла позволит отработать технологии замкнутого ядерного топливного цикла с малым временем внешнего топливного цикла в минимальные сроки в пределах одной площадки»* [12].

Для демонстрации возможности построения ядерной энергетики, основанной на новых принципах, в рамках проекта «Прорыв» предполагается решить ряд сложных инженерных и научных задач: спроектировать и обосновать безопасность нового быстрого реактора; разработать новое плотное топливо на основе нитридов урана и плутония и технологии его производства в промышленных масштабах; разработать и обосновать

⁴РАО – радиоактивные отходы. – Прим. ред.

новые способы переработки топлива и компактизации радиационных отходов. В научных и аналитических журналах сегодня можно найти много материалов о проекте «Прорыв» и технологиях, планируемых к реализации на ОДЭК [7, 13, 14].

Проект «Прорыв» является экспериментальным и демонстрационным проектом. Поэтому в России продолжают развиваться технологии реакторов на тепловых нейтронах. В Стратегии развития ядерной энергетики России до 2050 года и на период до 2100 года предусмотрено развитие двухкомпонентной ядерной энергетики, включающей реакторы на тепловых и быстрых нейтронах. Поэтому в России производится переработка топлива тепловых реакторов на заводе РТ-1 в г.Озерск и налажено повторное использование регенерированного урана. В планах на ближайшие годы запланированы пуск в эксплуатацию нового опытно-демонстрационного центра по переработке ОЯТ, а также разработка технологии производства нового РЕМИКС-топлива для реакторов ВВЭР. РЕМИКС — смешанное оксидное уран-плутониевое топливо на основе неразделенной смеси извлеченных из ОЯТ реакторов ВВЭР урана и плутония с добавлением обогащенного природного или регенерированного урана. Использование такой смеси позволит сократить расход обогащенного урана примерно на 25% на каждый топливный цикл [15].

Особо следует отметить, что технологии ЗЯТЦ и ядерной энергетики на быстрых нейтронах должны выдержать экономическую конкуренцию со стороны других способов производства электроэнергии. Во всех упомянутых выше проектах экономические расчеты занимают важное место и показывают, что стоимость захоронения облученного топлива без переработки и стоимость переработки ОЯТ с последующим захоронением РАО (без урана и плутония) сопоставимы, а стоимость электроэнергии, вырабатываемой на новых моделях быстрых реакторов, не превышает стоимость электроэнергии, вырабатываемой реакторами на быстрых нейтронах [7, 11].

Заключение

Технологии замкнутого ядерного топливного цикла необходимо развивать для построения надежной безуглеродной энергетики будущего. Освоение технологий ЗЯТЦ и развитие двухкомпонентной атомной энергетики позволит отказаться от угля и природного газа к концу нынешнего столетия и обеспечит человечество надежным источником энергии с топливной базой на тысячи лет эксплуатации.

Литература

1. Счетчик населения Земли: https://countrymeters.info/ru/World#population_forecast
2. Отчет BP 2019, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energyeconomics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
3. Отчет BP 2020, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energyeconomics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
4. Сайт международного энергетического агентства: <https://www.iea.org/>
5. Отчет МАГАТЭ и ЯЭА по урану 2020: https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2020-12/7555_uranium_-_resources_production_and_demand_2020_web.pdf
6. База данных по энергетическим реакторам МАГАТЭ: <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>
7. А. Шадрин, Практика покажет, Атомный эксперт, №6, 2021: https://atomicexpert.com/practice_will_show
8. В. Першуков, В. Артисюк, А. Каширский, Путь к «зеленой» энергетике для ядерных технологий. Энергетическая политика. 08.09.2021: <https://energypolicy.ru/put-k-zelenoj-energetike-dlya-yadernyhenergotehnologij/energetika/2021/14/08/>
9. Ш. Крикорян, Эффективность ядерного топливного цикла Франции: чему мы можем научиться, Бюллетень МАГАТЭ, 04.09.2019: <https://www.iaea.org/ru/newscenter/news/effektivnost-yadernogo-toplivnogocikla-francii-chemu-my-mozhem-nauchitsya>
10. Белая книга ядерной энергетике. Замкнутый ЯТЦ с быстрыми реакторами/под общ. Ред. Проф. Е.О. Адамова. – М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2000. – с.
11. Белая книга ядерной энергетике. Замкнутый ЯТЦ с быстрыми реакторами/под общ. Ред. Проф. Е.О. Адамова. – М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2020. – 496 с.
12. Адамов Е.О. и др. Переработка отработавшего ядерного топлива и рециклирование ядерных материалов в двухкомпонентной ядерной энергетике – Атомная энергия, 2021, т. 130, вып. 1, с. 28 - 34.
13. В. Кашеев, Атомная энергетика «без хвоста», Атомный эксперт, №7, 2020: https://atomicexpert.com/nuclear_power_without_tail
14. А. Гулевич, Замыкая круг, Атомный эксперт, №5, 2020: https://atomicexpert.com/closing_the_circle
15. Teplov P.S., Alekseev P.N., Bobrov E.A., Chibiyayev A.V. Physical and economical aspects of Pu multiplerecyclingon the basis of REMIX reprocessing technology in thermalreactors. – Nucl. Sci Technol, 2016, v. 2, № 41, p. 1–7.

В МЦУЭР состоялся круглый стол,

посвященный современным тенденциям и перспективам развития российской и мировой энергетики в контексте глобальных целей и задач, формирующих условия для устойчивого и «чистого» роста



18 августа 2022 года в МЦУЭР состоялся круглый стол, в котором приняли участие эксперты Центра и специалисты, прибывшие в Российский университет дружбы народов (Москва) из Исламской Республики Пакистан, в соответствии с межвузовскими программами обмена студентами.

Представители Центра ознакомили присутствующих с ключевыми направлениями деятельности МЦУЭР по содействию трансформации энергетических хозяйств России и других стран мира, согласно парадигме устойчивого энергетического развития, а также с итогами выполнения некоторых научных исследований и особенностями текущей работы по подготовке и переподготовке кадров, осуществляемой в сотрудничестве с ЮНЕСКО, в рамках международных и российских образовательных программ.

Директор департамента стратегического планирования и партнерства МЦУЭР Надежда Уледова рассказала о разработке Климатического плана действий г. Москвы и о ходе реализации первого в России климатического проекта в Сахалинской области. Цель обоих проектов — значительное снижение уровня выбросов парниковых газов и стремление к достижению углеродной нейтральности в перспективе.

Значительный интерес пакистанских специалистов вызвало выступление Руководителя сектора энергоэффективности и возобновляемых источников энергии МЦУЭР

Андрея Миронова, который представил доклад о путях использования водорода в целях декарбонизации, барьерах и трудностях промышленного масштабирования водородных технологий, становлении водородного рынка, достижениях российских ученых и инженеров в этой области.

Эксперты Департамента экологического развития МЦУЭР осветили вопросы многочисленных глобальных вызовов, стоящих перед человечеством в настоящее время, а также рассказали о возможности прохождения стажировок, связанных с применением отечественных информационно-аналитических систем управления климатическими рисками для отдельных метеозависимых отраслей экономики.

В завершающей части круглого стола состоялась дискуссия, в процессе которой российские и пакистанские специалисты обменялись мнениями и получили ответы на интересные вопросы.

МЦУЭР принял участие

в 26-м Дальневосточном энергетическом форуме
«Нефть и газ Сахалина 2022»

С 28 по 30 сентября 2022 года 26-й Дальневосточный энергетический форум «Нефть и газ Сахалина» вновь стал площадкой для встречи ключевых участников нефтегазовой отрасли и обсуждения наиболее острых вопросов ее развития. Мероприятие проходило при поддержке Правительства Сахалинской области.

В рамках форума обсуждался ряд вопросов, связанных с развитием энергетической отрасли в условиях внешних ограничений, поддержкой и перспективами действующих нефтегазовых проектов Сахалина и Дальнего Востока в сложных экономических условиях, процессами импортозамещения в нефтегазовом секторе, разработки и внедрения новых технологий, цифровизацией, а также инновациями в разведке и добыче в регионе и др.



Директор Департамента стратегического планирования и партнерства МЦУЭР Надежда Уледова выступила с докладом в рамках сессии «Климатическая программа и региональная модель рынка углеродного регулирования» об опыте разработки проектной документации по первому в Российской Федерации климатическому проекту «Сокращение выбросов парниковых газов в результате внедрения объекта генерации электроэнергии на основе солнечной энергии в районе

села Рейдово на острове Итуруп, южная группа Курильских островов, Сахалинская область», реализованному в рамках Федерального закона от 02.07.2021 N 296-ФЗ «О регулировании выбросов парниковых газов», а также о подготовке отчета о реализации климатического проекта, выполненного в нашей стране впервые в соответствии с при-

казом Минэкономразвития России от 11 мая 2022 г. N 248 «Об утверждении критериев и порядка отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или физическими лицами, к климатическим проектам, формы и порядка представления отчета о реализации климатического проекта» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.05.2022 N 68642).

МЦУЭР принял участие

в обсуждении проблематики экологии и ESG-повестки для угледобывающей промышленности

29–30 ноября 2022 года состоялся VI национальный горнопромышленный форум ГОРПРОМЭКСПО-2022, организатором которого выступила Ассоциация НП «Горнопромышленники России» при участии Научно-технического совета Военно-промышленной комиссии РФ, Министерства энергетики РФ, Федерального агентства по недропользованию, ТПП РФ и др.

29 ноября в рамках форума прошла сессия «Экология, ESG-повестка¹ угледобычи; ресурсоэффективность угольной отрасли», в которой приняли участие представители власти, бизнеса, научной сферы, среди них: директор Департамента угольной промышленности Минэнерго РФ Петр Бобылев, директор Центра международного промышленного сотрудничества ЮНИДО в РФ Сергей Коротков, директор Института проблем комплексного освоения недр РАН Валерий Захаров, советник Генерального директора АО «СУЭК» Максим Довгьяло, заместитель исполнительного директора МЦУЭР Владимир Бердин.

Участники обсудили проблематику экологии и ESG-повестку для угледобывающей промышленности, стратегии энергоэффективности угольной отрасли, возможности внедрения технологий сокращения отрицательного воздействия угледобывающей промышленности на окружающую среду и вопросы обеспечения энерго-экологической безопасности в качестве основы для национальной безопасности и снижения климатических рисков.

В своем выступлении Владимир Бердин рассказал о прошедшей с 6–20 ноября 2022 г. в Шарм-Эль-Шейхе Всемирной климатической конференции (COP-27) в части принятых итоговых решений, проанализировал и сравнил их с итогами и решениями предыдущей конференции, акцентировав внимание на влиянии результатов COP-27 на угольный сектор.

МЦУЭР подписал Соглашение

о сотрудничестве с Союзом энерго-экологической безопасности России

30 ноября 2022 года в рамках форума ГОРПРОМЭКСПО-2022 исполнительный директор МЦУЭР Игорь Матвеев и руководитель Союза энерго-экологической безопасности

¹ ESG расшифровывается как «Environment, Social, Governance». В переводе с английского – «окружающая среда, общество, управление»



Наталья Соколова подписали соглашение о сотрудничестве в экспертной научно-технической и инновационной деятельности.

В рамках соглашения должно осуществляться содействие в проведении совместных научно-исследовательских фундаментальных и прикладных работ по актуальным направлениям, представляющий взаимный интерес; в создании условий для обмена идеями, информацией и технологиями, организации совместных исследований и разработок

в рамках согласованных приоритетных направлений; в организации и проведении курсов, лекций, семинаров, мастер-классов и других обучающих мероприятий с целью формирования нового поколения высококвалифицированных специалистов.

Союз энерго-экологической безопасности (СЭБ) России — корпоративная некоммерческая организация, которая представляет и защищает общие, в том числе профессиональные, интересы для достижения общественно полезных целей в сфере энерго-экологической безопасности. СЭБ был создан в 2022 году и объединил экспертов из энергетической и экологической отраслей. СЭБ работает в 89 регионах РФ и активно взаимодействует с экспертами топливно-энергетического комплекса.

КНИЖНАЯ ПОЛКА:

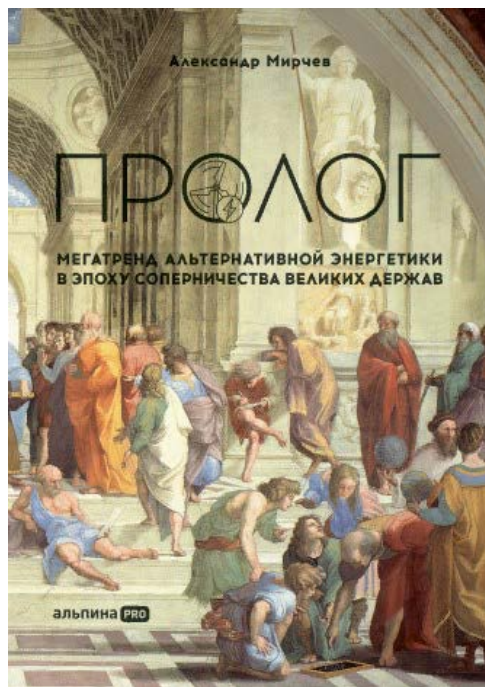
советуем почитать

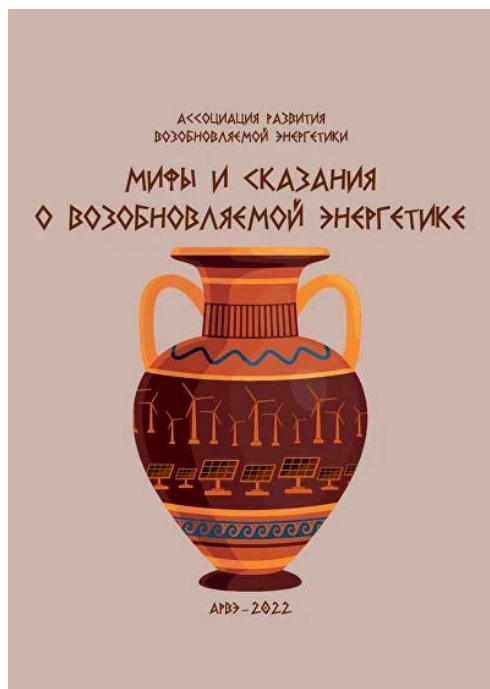
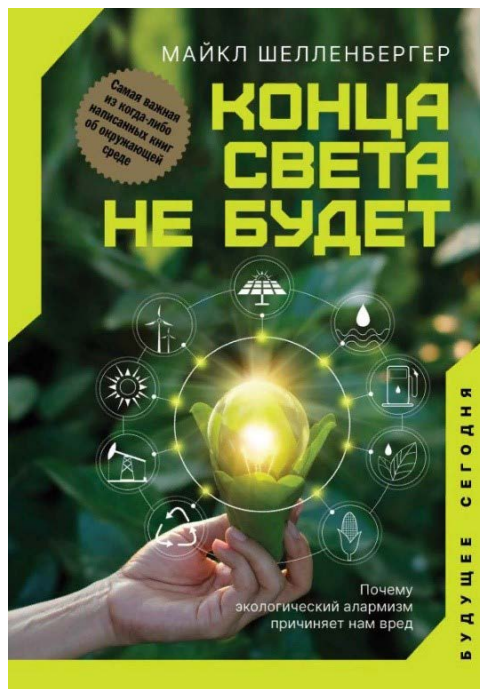
Е.С. Панцхава

БИОЭНЕРГЕТИКА В СОВРЕМЕННОМ И БУДУЩЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Гелиоэнергетика –
новая научно-техническая
революция XXI века

RU
science
RU-SCIENCE.COM





Приглашение к сотрудничеству

на страницах журнала «Энергетический вестник»

Уважаемые читатели!

Редакция журнала «Энергетический вестник» приглашает экспертов, представителей государственных, коммерческих и некоммерческих структур к сотрудничеству на страницах нашего издания. Целью журнала является содействие развитию международных научных дискуссий по проблемам устойчивого энергетического развития, внедрению и обмену экологически чистыми энергетическими технологиями, решению проблемы изменения климата, а также привлечение внимания экспертов в области энергетики, политиков и представителей различных секторов экономики к наиболее важным энергетическим проблемам, стоящим перед современным обществом.

Сегодня особенно необходим постоянный международный диалог на экспертном, политическом и общественном уровнях по вопросам усиления взаимозависимости в энергетической сфере и обеспечения энергетической безопасности, энергоэффективности и энергосбережения, экологической ответственности при разработке и использовании энергоресурсов, сокращения масштабов энергетической бедности.

Мы будем рады опубликовать актуальные материалы, посвященные данным вопросам, в следующих выпусках журнала. Дополнительную информацию можно получить у редактора журнала Ирины Кевбриной.

Тел.: +7 (495) 641-0426, +7 (926) 081-7029

E-mail: kevbrina@isedc-u.com, info@isedc-u.com