DOI: https://doi.org/10.51922/2074-5044.2024.3.89

И. Н. Семененя, В. А. Переверзев

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

В статье представлен краткий обзор основных сведений по негативному влиянию на окружающую среду и здоровье человека используемых в настоящее время в мире возобновляемых природных энергоресурсов «зеленой энергетики» – воды, солнца, ветра, биотоплива. Дается краткая общая характеристика указанных энергоресурсов, которые пополняются естественным путем и являются неисчерпаемыми, особенности их использования в разных странах. Отмечается необходимость изменения структуры мирового энергетического баланса в сторону увеличения доли возобновляемых источников энергии как наименее опасных для окружающей среды и здоровья человека по сравнению с невозобновляемыми, а также поиска принципиально новых подходов к разработке экологически безопасных и высокоэффективных источников энергии для полного обеспечения всех нужд человечества.

Ключевые слова: *мировая энергетика, возобновляемые источники энергии, вода, солнце, ветер, биотопливо, экологические последствия, структура мирового энергетического баланса.*

I. N. Semenenya, V. A. Pereverzev

ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF GLOBAL ENERGY: RENEWABLE ENERGY SOURCES

The article provides a brief overview of the main information on the negative impact on the environment and human health of the renewable natural energy resources of «green energy» currently used in the world – water, sun, wind, biofuels. A brief general description of these energy resources, which are replenished naturally and are inexhaustible, and the specifics of their use in different countries are given. It is noted that there is a need to change the structure of the global energy balance towards increasing the share of renewable energy sources as the least dangerous to the environment and human health compared with non-renewable ones, as well as searching for fundamentally new approaches to the development of environmentally safe and highly efficient energy sources to fully meet all the needs of mankind.

Key words: *global energy, renewable energy sources, water, sun, wind, biofuels, environmental impacts, structure of the global energy balance.*

Возобновляемая энергетика, удельный вес которой в структуре мирового энергетического баланса составлял по итогам 2023 г. 13,9 %, а мировые объемы производства электроэнергии с помощью возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в 2023 г. превысили 30 %, основана на извлечении энергии из постоянно происходящих в окружающей среде естественных процессов, а также возобновляемых органических ресурсов. К основным ВИЭ («зеленая энергетика»), которые пополняются естественным путем и являются неисчерпаемыми, относятся вода *(энергия водных потоков – течения рек, приливов и отливов, океанических волн; энергия геотермальных источников с выходом на поверхность земли из глубины теплых и горячих минеральных вод; энергия температурного градиента воды на поверхности и в глубинах океанов),* солнце *(солнечный свет),* ветер, биотопливо *(дрова, топливные брикеты, гранулы, растительные масла, биоэтанол, биометанол, биодизель, биогаз и др.)* [6, 20].

Дополнительным реальным источником возобновляемой энергии могут служить твердые бытовые отходы (ТБО). В мировой практике получение энергии из ТБО осуществляется их сжиганием или газификацией. В Японии, Дании и Швейцарии, например, сжигается около 70 % ТБО, остальная часть складируется

на полигонах или компостируется. В США сжигается около 14 % ТБО, в Италии – 25 %, Германии – 30 %.

ВИЭ значительно более экологичны, чем невозобновляемые. Однако и они не лишены экологических недостатков [2, 20]. Строительство многих объектов возобновляемой энергетики обходится существенно дороже, чем невозобновляемых.

Энергетика на основе ВИЭ интенсивно развивается. К настоящему времени зарегистрировано более полумиллиона патентов в этой области.

К 2022 г. практически все государства мира в рамках своих стратегических документов в области энергетической политики обозначили переход от широкого использования угля, нефти и газа к потреблению ВИЭ, преимущественно ветровых и солнечных электростанций. Темпы роста возобновляемой энергетики однозначно указывают на то, что эпоха ископаемого топлива в мире подходит к концу. В 2028 г. на долю ВИЭ, по прогнозу экспертов, будет приходиться более 42 % мировой электроэнергетики [7].

Возобновляемые природные источники энергии.

Гидроэнергетика.

Из всех возобновляемых источников энергии только гидроэнергетика в настоящее время вносит заметный вклад в мировое производство электроэнергии – до 20 % и более. Как уже упоминалось, энергия воды в настоящее время используется по 5 направлениям [20]:

– энергия течения рек;

– энергия приливов и отливов;

– энергия океанических волн;

– энергия геотермальных источников с выходом на поверхность земли из недр теплых и горячих минеральных вод;

– энергия температурного градиента воды на поверхности и в глубинах океанов.

Основа гидроэнергетики – гидроэлектростанции (ГЭС), в которых используется энергия водных потоков. Принцип работы ГЭС состоит в том, что энергия напора воды направляется на лопасти гидротурбины и приводит к ее вращению. Гидротурбина, в свою очередь, вращает электрогенератор, что приводит к выработке электроэнергии, которая подается на трансформаторную станцию, затем – на линии электропередач. Мощность гидроэлектростанции зависит от количества и напора воды, проходящей через турбины.

Необходимый напор воды обеспечивается посредством сооружения плотины и водохранилища (плотинные ГЭС) или путем деривации потока реки, т. е. отведения воды от ее русла по специальному туннелю или каналу (деривационные ГЭС). Есть также плотинно-деривационные ГЭС. Наиболее распространенные плотинные ГЭС имеют в своей основе плотину, перегораживающую русло реки. За плотиной вода поднимается, накапливается в водохранилище, создавая огромное давление

ГЭС Итайпу (Бразилия)

и напор, что обеспечивает равномерную работу станции в течение года. Чем выше плотина – тем сильнее напор. Самая высокая в мире плотина находится на Юго-Западе Китая на реке Ялунцзян (Цзиньпинская ГЭС) и имеет высоту 305 метров (мощность 3,6 ГВт).

Крупнейшие в мире ГЭС находятся, кроме Китая, также в Бразилии, Венесуэлле, Канаде, Пакистане, Парагвае, России, США и некоторых других странах.

Приливно-отливная гидроэнергетика.

Кроме классических или традиционных ГЭС, существуют и, так называемые, приливные электростанции (ПЭС), которые строят на берегах морей, заливов, устьев рек и др. ПЭС используют энергию огромных масс воды во время приливов и отливов. Гравитационные силы Луны и Солнца дважды в сутки изменяют уровень воды. Самая большая амплитуда приливов в мире отмечается в заливе Фанди (Атлантическое побережье Канады), где она зарегистрирована на отметке 19,6 метров. Во время каждого прилива в течение двенадцати часов около ста миллиардов тонн воды в этом заливе подходит к берегу и направляется обратно. Считается, что эта мощь больше, чем, если бы даже объединить потоки всех рек мира. На побережье залива Фанди работают несколько ПЭС.

Первая в мире ПЭС была построена во Франции в 1966 г. Кроме Франции ПЭС имеются в Великобритании, Индии, Канаде, Китае, Норвегии, России, Северной Ирландии, США, Южной Корее.

Разработан вариант ПЭС, позволяющий обходиться без плотины – на дне моря недалеко от берега устанавливаются генераторы с лопастями наподобие ветряков, которые вращаются движущейся во время приливов/отливов водой. Первая в мире такая приливная электростанция установлена в Северной Ирландии в узком морском заливе Лох–Стрэнгфорд. В 2021 г. в Канаде построили первую в мире плавучую приливную электростанцию.

Преимуществом ПЭС является низкая себестоимость производства электроэнергии. Издержки эксплуатации ПЭС гораздо ниже, чем при эксплуатации обычных ГЭС. Недостатками ПЭС являются высокая стоимость строительства (в 2,5 раза выше стоимости ГЭС такой же мощности) и изменяющаяся в течение суток мощность, из-за чего ПЭС может работать только в единой энергосистеме с другими типами электростанций. Наиболее развитым в мире рынком электроэнергии, выработанной посредством приливов, является Шотландия [14].

Волновая гидроэнергетика.

Другой водный источник энергии – океанические и морские волны. В этом случае специальные станции качаются на волнах и генерируют электроэнергию из движения волн – своего рода волновые гидроэлектростанции (ВГЭС). В связи с тем, что поверхность Земли почти на 71 % покрыта водой, то из-за огромных размеров мирового океана этот источник энергии имеет весьма перспективный потенциал, более значимый, чем у любого другого источника энергии в настоящее время. Помимо генерации дешевого электричества, такие станции защищают берега, а также мосты и опоры от разрушения

Приливные электростанции

(некоторые типы таких ВГЭС наделены функцией волногашения и, соответственно, снижения ударной силы волн). Однако их потенциал пока невысок.

Идеи получения электрической энергии из энергии движения волн имеют очень давнюю историю. Первая заявка на патент ВГЭС была подана во Франции в 1799 г., однако первая ВГЭС мощностью 2,25 МВт, расположенная в 5 км от берега, вошла в эксплуатацию только в 2008 г. в Португалии. Проект этой электростанции, стоимостью 8 млн. евро, был разработан шотландской компанией Pelamis Wave Power. В 2009 г. вторая ВГЭС была введена в эксплуатацию на Оркнейских островах (архипелаг на границе Северного моря и Атлантического океана, расположенный северо-восточнее Шотландии). В Великобритании строится ВГЭС мощностью в 20 МВТ. Строят такие электростанции и некоторые другие прибрежные государства [14, 20].

Однако стоимость производства электроэнергии на ВГЭС в настоящее время в 5–10 раз выше, чем на АЭС или ТЭС. Процент же использования волновой энергии сейчас достигает 40 %. Электроэнергия передается на берег по кабелю. В Японии, к примеру, создан промышленный образец такой системы, имеющей 9 турбин общей мощностью 2 МВТ.

Сила, с которой волны воздействуют на сооружения в береговой зоне, достигает нескольких тонн на квадратный метр. Это силовое воздействие тоже может быть использовано для преобразования волновой энергии.

Волновую энергетику следует рассматривать только как источник энергии, дополнительный к традиционным, который может иметь значение только в некоторых районах мира.

Геотермальная гидроэнергетика.

Следующий вид водной энергии – геотермальная энергия или энергия недр Земли. Подсчитано, что тепловой поток, идущий по температурному градиенту из глубин Земли (температура ядра Земли составляет ~6 000 С) на ее поверхность за год в энергетическом эквиваленте в 17 раз превышает годовую выработку всей мировой энергии. Геотермальная энергия фактически является неисчерпаемым источником, ее добыча не зависит от погодных условий, сезона года и времени суток. В свое время геотермальная энергия даже была обозначена как скрытый чемпион среди источников энергии будущего.

Для получения геотермальной энергии строятся геотермальные электростанции (ГеоТЭС). Эти станции получают тепло Земли путем бурения паровых или водяных скважин, достигающих в глубину нескольких километров, где находятся разогретые пласты земной коры, запасы горячей воды и водяного пара в подземных резервуарах. Из этих скважин горячая вода с температурой до 180 °С и выше и водяной пар могут выделяться на поверхность и использоваться как для производства электроэнергии, так и непосредственно в виде тепла для отопления помещений, теплиц, грунта, подогрева бассейнов, сушки сельскохозяйственных культур, таяния снега

Волновая гидроэлектростанция

и льда *(например, горячая вода от ГеоТЭС используется для растопления льда и снега на дорогах и тротуарах)* и т. д.

К примеру, г. Рейкьявик, столица Исландии, практически полностью отапливается геотермальными водами. Еще в 1943 г. там были пробурены 32 скважины глубиной от 440 до 2 400 м, по которым к поверхности земли поднимается вода с температурой до 130 °С. Девять из этих скважин действуют и по сей день. В Турции в 2000 г. 20 % потребления тепла приходилось на геотермальные источники [2, 6].

Наиболее эффективные ГеоТЭС располагаются в районах с вулканической и повышенной сейсмической активностью. В этих регионах много тектонических разломов, гейзеров *(природные геотермальные источники, периодически выбрасывающие фонтаны горячей воды и пара под давлением)* и открытых термальных источников с водой, разогретой вулканами; термальные воды ближе всего подходят к поверхности земли.

Тем не менее, ГеоТЭС можно строить во многих местах, поскольку в любой точке земной коры с глубиной растет и температура (на каждые 36 метров в глубину температура растет в среднем на 1 °С). В тех случаях, когда после бурения скважин горячая вода и перегретый пар отсутствуют, используют технологии закачки воды под большим давлением в эти скважины. За счет высокой температуры земных недр и высокого давления вода нагревается (перегревается) с выделением водяного пара, который и поступает к поверхности земли через соседнюю пробуренную скважину.

Основной способ получения электрической энергии из геотермальной – это вращение горячим водяным паром под давлением или парами другого нагреваемого им носителя, например, фреона с температурой кипения 51,9 °С, турбин электрогенератора.

Первая в мире ГеоТЭС была введена в строй в Италии в начале XX века. В США первую ГеоТЭС мощностью всего лишь 250 кВт запустили в 1922 г. Сегодня в США работает более 60 ГеоТЭС, из них 19 располагаются в Долине гейзеров Национального парка Йеллоустоун. В СССР первая ГеоТЭС мощностью 12 МВт введена в строй в 1966 г. на Камчатке, в долине реки Паужетка. Сейчас на Камчатке работают 5 ГеоТЭС мощностью 80 МВт, которые обеспечивают регион энергией на 25 %. Доля России на мировом геотермальном рынке составляет 10 %.

Сегодня позицию лидера по производству геотермальной электроэнергии удерживают США. Второе место занимает Индонезия. ГеоТЭС работают в Бельгии, Боливии, Венгрии, Гондурасе, Исландии, Кении, Колумбии, Мексике, Новой Зеландии, Тайване, Турции, Филиппинах, Хорватии, Чили, Японии и других странах [2, 8].

В 2017 г. в г. Париже был создан Глобальный геотермальный альянс, включающий 38 стран, объединившихся с целью усиления роли геотермальной энергии на международной арене.

Градиент-температурная гидроэнергетика.

Разрабатываются также технологии использования энергии морей и океанов, связанные со значительной разницей температур

Национальный парк Йеллоустоун (США).
Здесь находится почти половина всех гейзеров Земли

ГеоТЭС в Исландии

поверхностного и глубинного слоев, достигающей в тропических областях до 20 °С и выше – градиент-температурная энергетика. Фактически речь идет о преобразовании человечеством колоссальной солнечной энергии, аккумулируемой мировым океаном. Первое упоминание о концепции такой энергетики документально датируется 1881 г.

Принцип градиент-температурной энергетики заключается в следующем. С помощью теплой воды поверхностных слоев морей или океанов нагревается часть замкнутой системы труб, по которым циркулирует аммиак или пропан в жидком виде *(для перевода этих газов в жидкое состояние используются низкие температуры и повышенное давление)*. В условиях нагревания тот или иной сжиженный газ переходит в газообразное состояние и при повышенном давлении вращает турбины генератора, вырабатывающего электроэнергию. Затем, проходя по замкнутой системе труб дальше, этот газ попадает в ее охлажденную часть, где опять конденсируется, превращаясь в жидкое состояние. Процесс повторяется. Для подъема холодной воды с глубин морей или океанов используются трубы, длиной от нескольких сот метров до километра. После всех этапов теплая и холодная вода обратно выпускаются в море или океан.

Градиент-температурная энергетика в мире развита пока слабо. Наибольших успехов в реализации проектов ГТГЭС добились США и Япония. Несколько ГТГЭС США построили на Гавайях. Первая станция маленькой мощности (53 кВт) была запущена в 1979 г. и проработала до 1981 г. Вторая ГТГЭС на Гавайях существенно большей мощности (1 МВт) введена в строй в 1981 г. Она уже была смонтирована на борту танкера, которого и питала. Совокупная масса станции составляла 300 тыС. тонн.

Япония запустила первую ГТГЭС мощностью 120 кВт в 1981 г. на тихоокеанском острове Науру, вторую мощностью 1 МВт – в Бенгальском заливе (район индийского штата Тамилнад).

Достоинством ГТГЭС является низкая себестоимость производимой электроэнергии. Ресурсы градиент-температурной энергетики по расчетам в 5–15 раз превышают нынешнее производство электроэнергии в мире, даже с учетом того, что мировой океан аккумулирует всего лишь 5 % солнечной энергии. Такие станции могут с максимальной мощностью работать круглые сутки [6, 19].

Отрицательные экологические последствия гидроэнергетики.

Строительство и эксплуатация крупных ГЭС приводит к неблагоприятному воздействию на окружающую среду, что выражается в повышении риска затоплений населенных пунктов и отселением людей, затоплений сельскохозяйственных угодий и природных территорий с потерей высокоплодородных земель и лесов, нарушением функционирования природных экосистем, увеличении риска возникновения разрушительных землетрясений в предгорных и горных районах. Перегораживание русла рек приводит к заиливанию водоемов и эрозии берегов, ухудшению самоочищения проточных вод и уменьшению содержания кислорода, затруднению свободного передвижения рыб со снижением численности ряда видов,

включая ценные породы, вплоть до полного исчезновения в связи с тем, что для некоторых из них плотины становятся непреодолимыми препятствиями на пути к нерестилищу, и др. Имеют место и климатические последствия – изменение теплового баланса, увеличение количества осадков, скорости ветра, облачности и т. д. С увеличением масштабов гидротехнических сооружений растет и масштаб негативного их воздействия на окружающую среду [1, 3].

Гидроэнергетические сооружения несут в себе опасность катастроф. Так, например, в июле 1935 г. в г. Ханькоу (Китай) из-за обильных ливней и повышения уровня воды в реке Хуанхэ прорвало дамбу. Погибло около 30 тысяч человек, более 5 млн. лишились крова.

В феврале 1953 г. из-за прорыва дамб в Северном море (Западная Европа) погибло 2000 человек и около 100 тысяч человек остались без крова.

В октябре 1963 г. в г. Вайонт (Италия) в водохранилище за 45 с обрушился огромный горный массив длиной 2 км, площадью 2 км^2 и объемом около 0,3 км^3. Чаша водохранилища оказалась заполненной горной породой до высоты 175 метров над уровнем воды. Оползень вызвал перелив воды объемом более 50 млн. кубометров через гребень плотины, вызвав чудовищное наводнение и смыв полностью несколько деревень. Водяной вал, прошедший со скоростью 8–12 м/с по нижележащим территориям, достигал 90 м в высоту. Погибло до 3 тысяч человек.

В августе 1979 г. в Индии в результате сильного ливня вода прорвала плотину Мачу-2, высота которой составляла 15 метров. Было разрушено 68 деревень, 12 700 домов. В г. Морви в руины превращено 60 % жилого фонда, улицы города покрылись толстым слоем грязи, доходившим до 6 метров в высоту. Погибло до 15 тысяч жителей.

Подобных примеров в истории человечества немало.

Что касается ПЭС, то их отрицательное влияние на окружающую среду может быть связано с увеличением амплитуды приливов, что приводит к увеличению зоны между наивысшей точкой затопления во время прилива и нижней, обнажающейся при отливе. Это, в свою очередь, может повлиять на распределение грунтовых вод в береговой зоне, нарушить циркуляцию водных масс и т. д. Плотина ПЭС может оказать вредное воздействие на местные и мигрирующие виды рыб. Например, по оценкам биологов строительство ПЭС на Камчатке, в Пенжинской губе Охотского моря, нанесет непоправимый вред популяции охотоморской сельди. При строительстве ПЭС в зоне умеренного климата возможно образование зон загрязнения сероводородом.

Перед волновой энергетикой не стоит в острой форме проблема воздействия на окружающую среду. Однако, если значительная часть акватории будет покрыта ВЭС, это может привести к неприятным экологическим последствиям, связанным с нарушением газообмена между атмосферой и океаном, очисткой поверхности воды и приводного воздушного слоя от загрязнения. ВЭС могут быть опасны для водного транспорта. Кроме того, они создают шум, который пугает водных обитателей.

Отрицательные экологические последствия имеет и геотермальная энергетика. Добыча геотермальной энергии повышает риски пробуждения сейсмической активности в районе ГеоТЭС, локального оседания грунтов; может нарушаться функционирование гейзеров. При работе ГеоТЭС выделяются отравляющие газы (пары ртути, сероводорода, аммиака, двуокиси и окиси углерода, метана и др.), которые представляют опасность для человека, животных и растений, хотя масштабы выброса вредных веществ на ГеоТЭС относительно невелики по сравнению с угольными и газовыми электростанциями.

Считается, что ГеоТЭС являются также источниками теплового загрязнения окружающей среды. При одинаковой мощности с ТЭС или АЭС геотермальная электростанция потребляет для охлаждения значительно большее количество воды. Сброс сильно минерализованной геотермальной воды в поверхностные водоемы может привести к нарушению функционирования экосистем.

К отрицательным экологическим последствиям градиент-температурной энергетики относят нагрев и снижение давления глубинных вод, остывание поверхностных вод, выделение большого количества углекислоты, что способствует развитию парникового эффекта, приводит к изменению уровня воды в водоемах, сокращению в них кислорода, нарушению

нерестового цикла рыб и другим негативным последствиям для флоры и фауны [2, 3].

Гелиоэнергетика (солнечная энергетика). Одним из весьма перспективных ВИЭ является солнечная энергия, из которой можно вырабатывать электрическую, тепловую и другие виды энергии, не загрязняя при этом окружающую среду. По существующим расчетам, потенциальная энергия солнечного излучения, достигшего Земли за год, в 4 000 раз превысила потребность человечества в энергии в 2020 г. Вопрос заключается в том, как ее эффективно использовать?

Солнце излучает энергию плотностью 1,4 кВт/м^2. После прохождения атмосферы она снижается до 1 кВт/м^2. Непосредственно у поверхности Земли данная величина колеблется от 0 (ночью и в пасмурную погоду) до 1 кВт/м^2 (в солнечную погоду). В разных регионах количество солнечных дней в году существенно различается. Солнечные электростанции (СЭС) не работают ночью, недостаточно эффективно – в утренние и вечерние часы, на которые приходится максимум электропотребления.

В связи с такими колебаниями производства электроэнергии используются накопительные устройства, главным образом, литиевые батареи или аккумуляторы. При повышенном солнечном излучении часть производимой солнечными батареями энергии направляется в накопительное устройство, а при снижении мощности излучения часть накопленной энергии поступает потребителю. Благодаря этому может поддерживаться относительная стабильность уровня электрической энергии на выходе СЭС.

В настоящее время существует несколько типов СЭС (фотоэлектрические, башенного типа, тарельчатого типа, на основе параболоцилиндрических концентраторов, комбинированные, аэростатные, солнечно-вакуумные). Наиболее известные СЭС – с фотоэлектрическими преобразователями, имеющие солнечные панели с фотоэлементами и трансформирующие солнечную энергию в электрическую на основе фотоэффекта. В начале 2024 г. на международной выставке в Лас-Вегасе была представлена роботизированная солнечная электростанция: четырехколесный робот с раздвижными солнечными панелями на подвижной платформе в автоматическом режиме отслеживает положение Солнца на небе и выбирает место с наилучшими условиями освещенности. Остальные СЭС относятся к термодинамическим. Они преобразуют солнечную энергию сначала в тепловую, а потом – в электрическую. Мощность термодинамических СЭС выше, чем фотоэлектрических. Некоторые термодинамические СЭС (башенного типа, тарельчатого типа, на основе параболоцилиндрических концентраторов) работают на принципе концентрации солнечной энергии с помощью огромных зеркал на котлах с теплоносителями, где температура может достигать 700 °С, с последующим нагревом воды, образованием водяного пара, который вращает турбины электрогенератора [17, 20].

Солнечно-вакуумные электростанции обеспечивают нагрев воздуха в закрытых пространствах с последующим направлением мощного горячего потока на воздушную турбину электрогенератора.

Возможно, в ближайшем будущем мощное развитие получит космическая солнечная энергетика, предполагающая сбор солнечной энергии в космосе с дальнейшей передачей ее на Землю. Над этими проектами работают сейчас в Китае, Великобритании, США. Китай, например, планирует размещать космические СЭС на высоте 36 000 км над Землей. Уже сейчас солнечные батареи установлены на международных космических станциях для обеспечения энергией их работы.

Однако этот сегмент энергетики пока еще совсем небольшой – в 2023 г. СЭС на Земле произвели 7 % мирового электричества, а полтора десятка лет назад – всего около 0,2 %. По прогнозам МЭА, к 2030 г. солнечная энергия станет самой дешевой формой энергии, а к 2050 г. солнечная энергия будет обеспечивать почти четверть мировой электроэнергии. За 50 лет стоимость производства электроэнергии на СЭС с фотоэлектрическими преобразователями снизилась более чем в 1000 раз, при этом, по данным МЭА, на внедрение технологий солнечной энергетики во всем мире ежедневно тратиться свыше 1 млрд долларов США. КПД промышленных солнечных батарей с фотоэлектрическими преобразователями, хотя и поднялся за последние годы, но пока не превышает 20 %.

По оценкам экспертов, за последние десять лет Европейский союз начал производить

Солнечная электростанция в Калифорнии

и потреблять примерно в 50 раз больше солнечной энергии. По данным Европейской ассоциации солнечной энергетики Solar Power Europe, в 2019 г. в мире прирост мощностей фотоэлектрической солнечной энергетики оказался в 2,5 раза выше, чем угольной и газовой вместе взятых [8, 18].

Крупнейшие в мире СЭС расположены в Индии, Китае, США, Мексике, ОАЭ и других странах. Самая крупная СЭС находится в Китае (2800 МВт, солнечный парк Голмуд).

Кроме промышленных СЭС, солнечные панели устанавливаются также непосредственно на крышах и стенах жилых домов для обеспечения электроэнергией домашних хозяйств, транспортных средствах, в бытовых приборах и т. д.

К достоинствам СЭС относятся постоянно возобновляющийся бесплатный энергетический ресурс – солнечная энергия, минимальные отрицательные экологические последствия, независимость от центральной подачи электричества, полная автономность, длительный срок эксплуатации.

Существенными недостатками развития солнечной энергетики являются дороговизна солнечных фотоэлементов, проблема их утилизации, которая пока не имеет приемлемого с экологической точки зрения решения, а также утилизации фотопанелей, экологическая опасность производства фотоэлементов (используется много опасных веществ), необходимость регулярной очистки огромных поверхностей фотопанелей от пыли и других загрязнителей, необходимость установки систем охлаждения фотоэлементов (при их нагреве эффективность работы заметно снижается), невысокий КПД солнечных батарей, проблема длительного хранения получаемой электроэнергии и др. [2, 10].

Солнечная энергетика достаточно экологичная, однако при работе СЭС имеет место перегревание земной атмосферы. СЭС являются причиной гибели миллионов птиц по

Плавучие солнечные электростанции в Сингапуре

Солнечные электростанции

всему миру в год [15]. Только в США солнечные батареи становятся причиной гибели около 140 тысяч птиц в год. Среди возможных указываемых причин – мощная концентрация света и, соответственно, тепла над электростанцией, приводящая к гибели птиц от резкого перегревания во время пролета над станцией. Возможно также поражение птиц электрическим током, когда они пытаются сесть на солнечные панели, или их интерес к бликующим зеркальным поверхностям, в которые они врезаются на лету. Еще большую опасность представляют термодинамические СЭС. Когда пернатые попадают в лучи концентрированного света, они сгорают за считанные секунды.

Ветроэнергетика.

Ветроэнергетика – отрасль энергетики, занимающаяся преобразованием кинетической энергии воздушных масс в электрическую или другую форму энергии, удобную для использования в отраслях экономики. Ветер, как неисчерпаемый источник экологически чистой энергии, находит все более широкое применение.

Энергия ветра на земном шаре оценивается в год примерно в 2,7 раза больше суммарного расхода энергии на планете. Запасы энергии ветра более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии всех рек планеты.

В ветроэнергетике электроэнергия вырабатывается с помощью турбин, соединенных с электрогенератором, которые вращает ветер. Крупные ветроэлектростанции (ВЭС) включаются в общую электрическую сеть, а более мелкие используются для снабжения электричеством удаленных районов.

Энергия ветра для практических целей использовалась еще до нашей эры. Наиболее ярким примером использования ветровой энергии являются парусные суда. В Китае, Вавилоне (современная локализация – на территории Ирака) и Персии (Иран) использовались ветряные мельницы для перемалывания зерна в муку и звучания органа. Первая ВЭС была построена в 1887 г. в Великобритании, однако к ней был проявлен большой скепсис, и следующая ВЭС в Великобритании появилась только в 1951 г. Но уже в 1888 г. в США появилась первая автоматически управляемая ветряная установка. В 1890 г. ВЭС построена в Дании, в 1931 г. – в России (г. Ялта) и т. д.

В период с 1940-х по 1970-е гг. ветроэнергетика пережила период упадка в связи с интенсивным развитием тех видов энергетики, которые давали независимое от погоды стабильное энергоснабжение за умеренную плату. Возрождение интереса к ветроэнергетике началось в 1970-х гг. после нефтяного кризиса 1973 г. Кризис продемонстрировал зависимость многих стран от импорта нефти и привёл к поиску вариантов снижения этой зависимости.

Наиболее перспективными местами для производства электроэнергии из ветра считаются прибрежные зоны. Но объем средств на их строительство по сравнению с сушей – в 1,5–2 раза больше. В море, на расстоянии 10–12 км от берега, а иногда и дальше, строятся так называемые оффшорные (прибрежные, морские) ВЭС. Ветроэнергетические установки (ВЭУ) устанавливаются на фундамент из свай, забитых на глубину до 30 метров. Оффшорная электростанция включает также распределительные подстанции и подводные кабели до побережья. В 2009 г. была установлена первая в мире плавающая ВЭУ.

Обычно рабочий диапазон скоростей ветра крупных ветровых установок составляет от 5 до 15 м/с. При скорости ветра меньшей 5 м/с, эффективность работы установки зна-

чительно падает, при скоростях ветра больших 15 м/с увеличивается риск поломки конструкции, прежде всего лопастей. Скорость ветра, соответствующая нижнему пределу устойчивой работы ВЭУ, составляет 4–5 м/с. Это позволяет использовать лишь 1,5–2,5 % ветровой энергии. Ветроэнергетика, нередко, рассматривается в качестве вспомогательного энергоресурса, решающего местные энергетические проблемы, например, отдельных фермерских хозяйств.

Интересные данные получены учеными Стэнфордского университета, которые показали, что большие прибрежные ВЭС могут существенно ослабить ураганы, уменьшая экономический ущерб от их воздействия.

В 2001 г. в Дании создана Всемирная ассоциация ветроэнергетики, объединяющая представителей более 100 стран и занимающаяся продвижением и внедрением технологий ветроэнергетики во всем мире.

В 2023 г. количество электроэнергии, произведенной всеми ВЭС мира, составило около 6 % от общего количества произведенной электроэнергии.

Крупнейшие морские ветряные электростанции функционируют в Бельгии, Великобритании, Германии, Дании, Китае и Нидерландах. Самая крупная из них – в Великобритании (1218 МВт). Великобритания построила крупнейший в мире морской ветропарк мощностью 1386 МВт, который вошел в строй в 2023 г.

По убыванию количества ВЭС, страны в ТОП-10 располагаются в следующем порядке: Китай, США, Германия, Испания, Индия, Италия, Франция, Канада, Бразилия, Дания.

Общая установленная мощность ВЭС в мире на сегодняшний день оценивается более чем в 750 ГВТ. По оценкам специалистов, в Европе в ближайшие 10 лет объем выработанной энергии ветра возрастет на 140 ГВт [11, 18].

Главные недостатки ветровой энергетики – низкая энергетическая плотность, сильная изменчивость в зависимости от погодных условий, ярко выраженная географическая неравномерность распределения ветровой энергии, размещение ВЭУ и ветропарков вдали от населенных пунктов, что обуславливает дороговизну передачи энергии. К дороговизне также приводит и нестабильность этого источника. Для того чтобы получить электроэнергию, нужно дождаться ветра, причем определенной силы – не ниже 4–5 м/с. Как показывают наблюдения, полезный период времени, в течение которого можно получать электроэнергию, составляет 25–35 %, но в ветреных регионах ветряные турбины работают около 60 % в год. Кроме того, предпочтительное размещение ВЭУ на больших высотах (там, где больше скорость ветров) предъявляет повышенные требования к прочности конструкции ВЭУ, что еще больше удорожает стоимость ВЭУ, хотя себестоимость ветровой электроэнергии примерно в 1,5–2 раза ниже себестоимости электроэнергии, полученной в фотоэлектрических преобразователях. По данным МЭА, передача энергии, полученной из ветра, в 3 раза дороже, чем из угля.

Ветроэнергетические установки

Морские ветроэнергетические установки

Необходимо отметить, что работа ВЭС приводит к определенным отрицательным экологическим последствиям [1, 2, 6, 20]. Так, указывается на шум и инфразвук, а также мерцание лопастей ВЭУ, которые могут оказывать негативное влияние на психику человека и состояние внутренних органов. В непосредственной близости от крупных ВЭУ уровень шума может превышать 100 дБ, поэтому возникает необходимость отключения их в ночное время в случае расположения ВЭУ в относительной близости от населенных пунктов.
Описан такой случай. В штате Огайо (США) была построена ВЭУ мощностью 10 МВт с конструктивными просчетами. Проработав несколько суток, она была демонтирована и продана на слом по цене 10 долларов США за тонну из-за высокого уровня шума. Законы, принятые в Великобритании, Германии, Нидерландах и Дании, ограничивают уровень шума от работающих ВЭУ до 45 дБ в дневное время и до 35 дБ ночью. Минимальное расстояние от установки до жилых домов – 300 метров.

Работа ВЭС сопровождается заметной вибрацией несущих частей. Низкочастотные колебания, передающиеся через почву, вызывают даже дребезг стекол в домах на расстоянии до 60 м от ВЭУ мегаваттного класса.

При эксплуатации ВЭУ в зимний период при высокой влажности воздуха возможно образование ледяных наростов на лопастях. При пуске ВЭУ возможен разлёт льда на значительное расстояние. Там, где это наблюдается, устанавливаются предупредительные знаки на расстоянии 150 м от ВЭУ.

Пролетающие рядом с ВЭУ птицы, а также летучие мыши, могут пострадать от вращающихся лопастей. Летучие мыши более уязвимы, нежели птицы. Возле концов лопастей ветрогенератора, при его работе, образуется область пониженного давления, и животное, попавшее в нее, получает баротравму. У 90 % летучих мышей, найденных рядом с ВЭУ и не задетых лопастями, найдены внутренние кровоизлияния.

Бурное развитие ветроэнергетики может привести к росту средних температур летом и падению их зимой в связи с нарушением переноса тепла в планетарной атмосфере.

ВЭУ, находящиеся в относительной близости к жилью, – в радиусе 1–2 км, создают помехи, ухудшающие прием радио- и телепередач. Определенная часть населения, проживающего недалеко от ВЭУ, высказывается о том, что ВЭУ портят вид местности. Поэтому, для улучшения эстетического вида ВЭУ, при обосновании новых проектов привлекаются ландшафтные архитекторы и профессиональные дизайнеры.

Биоэнергетика (энергия биомассы, биотопливо).

Биоэнергетика – это отрасль энергетики, основанная на получении и использовании энергии биомассы и биотоплива. В сфере биоэнергетики тепло, электричество и биотопливо могут производиться из твердой, жидкой и газообразной биомассы. При этом в качестве возобновляемого сырья используются отходы растительного и животного происхождения.

По экспертным оценкам, совокупная биомасса Земли составляет 2,4 трлн. тонн. На долю животных и микроорганизмов приходится ~ 40 млрд. тонн или 1,65 %, т. е. ничтожная часть. Общие запасы растительной биомассы в мире ежегодно увеличиваются на 5–7 %.

Возможны и такие последствия в работе ВЭУ.

Энергетический потенциал растительной биомассы Земли приблизительно в 100 раз превышает общее мировое энергопотребление за год. Однако в настоящее время используется лишь незначительная часть этого потенциала, в основном, за счет прямого сжигания дров и растительных отходов [2, 6, 20].

Сырьевую базу биоэнергетики формируют разнообразные органические отходы сельского и лесного хозяйства, пищевой, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности, бытовые отходы, различные растения и сельхозкультуры, специально выращенные для энергетической переработки, а также водоросли и микроорганизмы.

В мире разработаны технологии, позволяющие выращивать различные высокоэнергетические культуры, включая плантации древесных растений с повышенной продуктивностью, устойчивостью к вредителям и с модифицированной древесиной (ива, тополь и др.), энергонасыщенную биомассу микроводорослей и др.

Энергия биомассы является основным источником для приготовления пищи и отопления в африканских странах.

Самой большой ресурсной базой в мире для развития биоэнергетики обладает Россия [2, 18]. В стране ежегодно образуется 14–15 млрд. тонн биомассы, в частности, накапливается до 300 млн. тонн органических отходов в сухом эквиваленте, из них 250 млн. тонн – в сельскохозяйственном производстве и 50 млн. тонн – в виде бытового мусора. Однако страна занимает одно из последних мест в мире по ее использованию. Это и понятно, сейчас развитие биоэнергетики для России гораздо менее эффективно, чем добыча нефти, газа и угля. Тем не менее, Россия развивает биоэнергетические технологии по следующим направлениям:

– изыскание и создание крупномасштабных, высокопродуктивных источников биомассы (фотосинтез, производство древесной биомассы, промышленное разведение растений – продуцентов углеводородов, производство углеводсодержащей непищевой биомассы, производство водной биомассы, использование твердых отходов городов);

– биотехнологическая конверсия (получение этилового и других спиртов, органических кислот, растворителей из различных видов биомассы, получение биогаза и водорода);

– термохимическая конверсия (прямое сжигание биомассы, газификация, пиролиз, сжижение, синтез) для получения жидкого, твердого и газообразного топлива.

Отрасль биоэнергетики в России в настоящий момент представлена, в основном, только производителями твердого биотоплива (топливных пеллет и гранул). Данная продукция практически полностью отправляется на рынки Европы и азиатские рынки.

В последние годы на биоэнергетику приходилось ~2 % мирового производства электроэнергии, а на биомассу приходится большая часть произведенного из ВИЭ тепла в мире.

Активное развитие биоэнергетики весьма существенно зависит от государственной поддержки. В ЕС, например, на эти цели с 2013 г. ежегодно выделяется более 2 млрд. евро. Активно развивается данное направление в Европе, в частности, в Швеции, Финляндии, Дании, Австрии, Германии и Нидерландах. Например, в Швеции биомасса является основным сырьем, используемым в теплоснабжении

и в производстве топлива для транспорта. В последние годы в Швеции объем производства энергии из биомассы составил 35 % от общего объема производимой в стране энергии. В Японии, после аварии на АЭС «Фукусима-1», произошел резкий рост использования энергии биомассы, в основном, импортных пеллет, древесной щепы и оболочки плодов пальм. Бразилия – третий по величине мировой производитель энергии из биомассы. Во многих странах возрастает использование биомассы для производства электроэнергии [14, 19].

Термическая переработка биомассы включает прямое сжигание (при температурах свыше 1000 °С), газификацию (сжигание при температурах 800–1300 °С в присутствии воздуха или кислорода и водяного пара) и пиролиз (переработка сырья без доступа воздуха при температурах 300–800 °С). Однако до сих пор не найдено оптимального решения для экологически безопасной и экономически выгодной переработки смешанных отходов.

Из биомассы (отходы древесины, солома, кукурузная шелуха и т. д.) методом пиролиза получают твердое и жидкое биотопливо, биогаз. Из пшеничной соломы, например, получается до 58 % биотоплива, 24 % биогазов и 18 % биоугля.

Около 90 % мирового потребления биотоплива приходится на биоэтанол и биодизель. Применение биотоплива позволяет снизить выбросы вредных веществ в атмосферу по сравнению с сжиганием традиционного топлива. Считается, что развитие данного вида энергетики будет играть важную роль в обеспечении альтернативным низкоуглеродистым топливом самолетов, морских судов и других тяжелых видов транспорта. К настоящему моменту биотопливо занимает весьма незначительную долю мирового энергетического рынка – менее 2 % от всего объема ВИЭ в мире. Моторное биотопливо обеспечивает 2,6 % потребностей мирового транспорта, а к 2040 г. данный показатель может вырасти до 5,8 % [18, 20].

Наиболее значительный интерес в мире к жидким биотопливам (особенно к этанолу) для использования на транспорте проявился в 1970-е – 1990-е годы и обязан этим высоким ценам на нефть. В настоящее время в развивающихся странах тенденция роста использования этанола сохраняется, в том числе вследствие накапливающихся экологических проблем.

Наиболее распространенными видами сырья для производства этанола являются отходы сахарного производства: багасса или меласса (сахарная свекла), крахмал кукурузы, сорго, картофеля, пшеницы и риса. В России этанол получают также при брожении гидролизатов древесины (целлюлозы).

Биодизельное топливо имеет те же характеристики, что и обычные дизельные масла, которые могут использоваться в дизельных двигателях. Биодизельное топливо может быть получено из любого маслосодержащего растения – семян рапса, сои, кактусов и т. д. Преимущество биодизельного топлива состоит в том, что его производство основано на широко известных технологиях получения растительных масел с их дальнейшим метилированием и растительных углеводородов.

Бразилия является лидером в производстве жидкого биотоплива и имеет самый большой парк транспортных средств, которые могут работать на биоэтаноле, полученном, в основном, путем ферментации углеводов кукурузы, сахарного тростника и сахарного сорго. Перевод транспорта на этанол начался в середине 1970-х гг., когда впервые повысились цены на бензин и появилась потребность снизить зависимость страны от нефти.

Вскоре опыт Бразилии стали перенимать другие страны. Производство этанола увеличилось в Китае и Европейском союзе. Производимый этанол также добавлялся в бензин для увеличения октанового числа и снижения вредных выбросов. В США источником этанола, в основном, является кукуруза. В этой стране для заправки городских автобусов используется смесь бензина и этанола, называемая Е-дизельным топливом. По мере роста цен на бензин, спрос на этанол к автомобилям, работающим на этом топливе, продолжает увеличиваться [2, 6, 8, 14].

Возможные перспективные виды биотоплива – биометанол, биобутанол, гидрированные растительные жиры, водород. Моторное биотопливо сейчас характеризуется преимущественно локальным (на уровне государства) производством и потреблением, однако определенные объемы сырья и готовой продукции поставляются из отдельных стран (преи-

мущественно, Бразилии и стран Юго-Восточной Азии) в США и Европейский союз.

Биогаз представляет собой продукт переработки широкого спектра отходов (сельскохозяйственных, бытовых, промышленных), содержащий высокую долю метана. Биогаз производится посредством анаэробного брожения биомассы или в ходе термохимических процессов. К настоящему времени разработано и применяется множество технологий получения биогаза, основанных на использовании различных вариантов температурного режима, влажности, концентраций бактериальной массы, длительности протекания биореакций [2, 20].

В зависимости от типа используемого сырья содержание метана в биогазе колеблется от 50 % до 70 %. Вторым наиболее распространенным компонентом является углекислый газ, который составляет от 30 % до 45 % биогаза. Присутствуют также небольшие количества воды, кислорода, соединений серы и сероводород. Биогаз используется в качестве топлива и для производства электроэнергии. Из 1 кг биомассы можно получить до 0,6 кг биогаза.

Обычно выделяют четыре вида биогаза по способам получения: свалочный газ, газ сточных вод, биогаз, полученный в результате брожения (например, в ходе ферментации органических отходов и энергетических культур) и биогаз, полученный в результате сильного нагрева (чаще в качестве сырья используются отходы биомассы, например, при деревообработке или бытовые отходы).

Технология получения биогаза методом анаэробного брожения во многих случаях предполагает наличие биогазовой установки в виде емкости, внутри которой и происходит процесс брожения. Для получения свалочного газа, оборудуют специальный полигон на месте естественного, или специально вырытого углубления, дно и стены которого покрывают различными материалами (например, слоем глины и др.), не позволяющими попадать в почву и грунтовые воды вредным продуктам гниения. При загрузке отходов производят трамбовку, а сверху накрывают плотным изоляционным слоем (глина, почва и др.) во избежание рассеивания газа. Впоследствии бурятся скважины, монтируются трубы и насосное оборудование. Получаемый газ проходит процедуры очистки и может использоваться для различных целей.

Биогаз получают также из навоза животных методом метанового брожения. Из тонны навоза крупного рогатого скота (в сухой массе) получается 250–350 кубометров биогаза. Для того, чтобы произвести из навоза биогаз для выработки 1000 МВт электроэнергии, требуются площади 80–100 км^2, на которых должны размещаться 80 млн. свиней или 800 млн. птиц.

При производстве биогаза решается проблема утилизации органических отходов. Биогаз является наиболее чистым и недорогим видом топлива. Он весьма популярен в Китае, Индии и странах Евросоюза. Лидерами по развитию биогазовой отрасли в мире являются Европейский союз и Китай.

Достаточно активно начал развиваться бизнес в сфере малых биогазовых установок, которые применяются на небольших объектах, в частности домохозяйствах. С их помощью есть возможность получать тепло и электроэнергию на основе биогаза, вырабатываемого из бытовых отходов и продуктов жизнедеятельности.

Биоуголь как разновидность твердого биотоплива обычно получают в процессе нагревания древесины, стеблей растений или других органических материалов без доступа кислорода. Наиболее распространенный способ его получения – пиролиз. В последние годы разрабатываются технологии, позволяющие получать топливные гранулы (пеллеты) с высоким объемным теплосодержанием. Они сегодня начинают составлять серьезную конкуренцию традиционным (ископаемым) видам топлива. Пеллеты можно использовать в качестве альтернативы каменному углю или совместно с ним использоваться для получения тепла и энергии в системах индивидуального отопления жилых домов, а также на высокоэффективных электростанциях с комбинированным производством электроэнергии и тепла. В последние годы в Европе наблюдается быстрый рост спроса на пеллеты, связанный с существующими законодательными ограничениями на выбросы парниковых газов в рамках Киотского протокола, а также Директивой по возобновляемым источникам энергии ЕС [20].

С точки зрения экологии, чрезмерное извлечение из природного оборота биомассы может нарушить баланс природных процессов в окружающей среде, естественное плодородие и структуру почв, и, тем самым, сказаться на обеспечении продовольственной безопасности. В этой связи может снизиться производство сельскохозяйственной продукции, сопровождающееся ростом цен на продовольствие. В связи с увеличением изъятия древесины, могут усилиться процессы деградации лесных экосистем, сочетающиеся с уменьшением биоразнообразия. Естественным следствием интенсивного развития биоэнергетики будет увеличение выброса в атмосферу парниковых газов и других загрязняющих веществ [1, 13, 20].

Подсчитано, что для замены 25 % транспортной энергии, получаемой из ископаемых видов топлива, на энергию, получаемую из жидкого биотоплива, потребуется 430 млн. га для сахарного тростника (17 % пахотной земли во всем мире) и 5 млрд. га для сои, – а это почти 200 % пахотной земли во всем мире.

Таким образом, по мере роста эффективности применяемых технологий получения и использования биомассы и биотоплива, их доля в мировом энергобалансе будет расти, однако биоэнергетический сегмент все равно останется относительно небольшим даже в долгосрочной перспективе.

Одним из важнейших приоритетов энергетической политики Беларуси является развитие возобновляемой энергетики, уровень которой непрерывно растет [4, 9]. В настоящее время реализуется Национальный план действий по развитию зеленой экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 годы. В 2020 г. суммарная электрическая мощность установок ВИЭ составляла 418 МВт, что в 5 раз превышало показатель 2014 г. К настоящему времени в Республике Беларусь действуют установки по использованию ВИЭ с суммарной установленной электрической мощностью около 630 МВт (солнце – 43,4 %, ветер – 19,1 %, ГЭС – 15,3 %, биомасса – 16,1 %, биогаз – 6,1 %) [12, 16]:

– свыше 100 фотоэлектрических станций суммарной мощностью около 280 МВт (крупнейшая – в Чериковском районе Могилевской области мощностью 109 МВт);

– 55 гидроэлектростанций мощностью около 100 МВт (крупнейшая – Витебская мощностью 40 МВт);

– 108 ветроэнергетических установок мощностью 122 МВт (крупнейшие ветропарки находятся в Новогрудском районе Гродненской области (9 МВт) и в д. Пудовня Могилевской области (9 МВт); в 2021 г. в Мстиславском районе Могилевской области введена в эксплуатацию ВЭУ, которая за один час работы может выработать столько энергии, что ее хватит для обеспечения электроэнергией всего Мстиславского района в течение 4-х суток;

– 31 установка по производству биогаза суммарной мощностью 48 МВт, а также 11 мини-ТЭЦ на древесном топливе электрической мощностью 100,5 МВТ.

Планируется, что к 2025 г. установленная электрическая мощность ВИЭ возрастет до 700 МВТ.

Доля всех «зеленых» мощностей в общем энергобалансе России пока достигает только 0,3 % (против 15 % в Китае). К 2035 г. ставится цель довести ее до 4 % (в Китае к тому времени она должна превысить 25 %) [2, 5].

Приведенные данные свидетельствуют о том, что дальнейшее развитие мировой энергетики постепенно ориентируется на существенное увеличение доли более экологичных источников энергии (ВИЭ) в структуре мирового энергетического баланса. Однако экологических проблем это полностью все равно не решит. Сложившаяся в мире ситуация крайне негативного влияния существующих источников получения энергии на окружающую среду и здоровье человека требует не только серьезного пересмотра структуры мирового энергетического баланса, принятия радикальных решений в сторону значительного поэтапного уменьшения доли невозобновляемых источников ископаемого топлива вплоть до полного отказа от них и возрастания доли тех источников, которые минимизируют отрицательное воздействие глобальных систем энергообеспечения на окружающую среду и здоровье человека, но и разработки принципиально новых подходов к максимально безопасному получению достаточных для удовлетворения полной потребности населения Земли в экологически чистой энергии новых источников энергии.

На пути к новым источникам энергии.

Впереди у человечества – активный и масштабный выход в космическое пространство с возможным заселением других планет, о чем писал, в частности, основоположник современной космонавтики Константин Циолковский (1857–1935). Конкретные планы освоения космического пространства, включая некоторые планеты Солнечной системы, сейчас разрабатываются во многих странах. Но для этого нужны источники энергии, отличные от тех, которые в настоящее время используются на Земле. На протяжении многих лет во всем мире ведутся исследования, нацеленные на разработку новых, более эффективных и экологически чистых технологий получения и использования энергии, необходимой для удовлетворения всех нужд человечества. Это надежды на технологии водородной энергетики, энергетики на основе гелия-3, управляемого термоядерного синтеза, использование магнитогидродинамических генераторов, в которых энергия жидкой или газообразной электропроводящей среды, движущейся в магнитном поле, преобразуется непосредственно в электрическую энергию, энергии циклонов и др. Современные достижения в области квантовой физики указывают на реальную возможность получения колоссальной экологически чистой энергии из физического вакуума.

Физический вакуум в отличие от технического вакуума, представляющего сильное разрежение газа в замкнутом пространстве, является особой средой, постоянно рождающей элементарные частицы, различные физические поля, формирующей космическое пространство и являющейся источником неподвластной пока нашему пониманию скрытой гигантской энергии, которая создала этот мир и им управляет, с помощью которой можно решать практически любые задачи во Вселенной.

Выдающийся американский физик-теоретик, один из создателей квантовой электродинамики, лауреат Нобелевской премии по физике (1965) Ричард Фейнман в одном из своих докладов как-то сказал, что: «В вакууме, заключенном в объеме обыкновенной электрической лампочки, энергии такое большое количество, что ее хватило бы, чтобы вскипятить все океаны на Земле».

Концентрация усилий ученых в направлении разработки технологий получения энергии из физического вакуума поможет решить все проблемы энергетического обеспечения человечества и закрыть глобальные экологические проблемы на Земле, связанные с использованием существующих невозобновляемых и возобновляемых источников энергии, открыть новые перспективы в развитии человечества.

Литература

1. *Борисова, Ю. С.* Сравнительный анализ влияния объектов традиционной и альтернативной энергетики на окружающую среду / Ю. С. Борисова, Н. С. Самарская // Безопасность техногенных и природных систем. – 2021. – № 4. – С. 58–63.

2. *Возобновляемая* энергетика в России и мире. – М., 2022. – 105 с.

3. *Гидроэнергетика* влечет за собой экологические проблемы [Электронный ресурс]. – Ведомости. Экология. – 30.06.2022. – Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/ecology/protection_nature/articles/2022/06/30/929246-gidroenergetika-vlechet-za-soboi-ekologicheskie-problemi. – Дата доступа: 10.02.2024.

4. *Голубев, С.* Опыт Китая и Беларуси в построении зеленой экономики / С. Голубев, Ч. Цзяньбо, Ч. Юйлинь // Бел. думка. – 2022. – № 5. – С. 60–66.

5. *Иллензеер, О.* Зеленая энергетика: состояние и перспективы зеленых технологий в России и мире [Электронный ресурс] / О. Иллензеер // Neftegaz.RU. – 2023. – № 9. – Режим доступа: https://magazine.neftegaz.ru/articles/alternativnaya-energetika/804938-zelenaya-energetika-sostoyanie-i-perspektivy-zelenykh-tekhnologiy-v-rossii-i-mire/. – Дата доступа: 02.04.2024.

6. *Земля* как источник энергии [Электронный ресурс] // E²nergy. – 31.08.2023. – Режим доступа: https://eenergy.media/news/26683. – Дата доступа: 29.03.2024.

7. *Злобин, А.* МЭА объявило о «начале конца» эры ископаемого топлива [Электронный ресурс] / А. Злобин. – 12 сентября 2023. – Режим доступа: https://www.forbes.ru/biznes/496296-mea-ob-avilo-o-nacale-koncaery-iskopaemogo-topliva. – Дата доступа: 20.01.2024.

8. *Ивановский, Б. Г.* Проблемы и перспективы перехода к «зеленой» энергетике: опыт разных стран мира (Обзор) / Б. Г. Ивановский // Экономические и социальные проблемы России. – 2022. – № 1. – С. 58–78.

9. *Ковалев, М. М.* Будущее белорусской энергетики на фоне глобальных трендов / М. М. Ковалев, А. С. Кузнецов. – Минск: Изд. центр БГУ, 2018. – 223 с.

10. *«Зеленая»* энергетика в системе мировой экономики: опыт разных стран, современное состояние и перспективы / Н. А. Мишина [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2022. – № 2. – С. 167–179.

11. *Мощности* «зелёной» энергетики в 2023 году в мире выросли на 50 % [Электронный ресурс]. – 16 января 2024. – Режим доступа: https://www.atomic-energy.ru/news/2024/01/16/142254. – Дата доступа: 31.03.2024.

12. *Национальный* доклад о состоянии окружающей среды Республики Беларусь за 2019–2022 годы / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Институт природопользования НАН Беларуси, Республиканское унитарное

предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов». – Минск, 2023. – 172 с.

13. *Пенджиев, А. М.* Возобновляемая энергетика и изменение климата / А. М. Пенджиев // Окружающая среда и энерговедение. – 2023. – № 3. – С. 39–49.

14. *Перспективы* развития мировой энергетики с учетом влияния технологического прогресса / под ред. В. А. Кулагина // М.: ИНЭИ РАН, 2020. – 320 с.

15. *Почему* солнечные батареи убивают птиц [Электронный ресурс] // Экосфера. – 2020. – Режим доступа: https://ecosphere.press/2020/08/23/pochemu-solnechnye-batarei-ubivayut-pticz/. – Дата доступа: 29.05.2022.

16. *Развитие* возобновляемой энергетики в Беларуси: что ожидать в будущем [Электронный ресурс]. – E²nergy. – 19.03.2024. – Режим доступа: https://eenergy.media/news/29196. – Дата доступа: 29.03.2024.

17. *Тихонов, А.* На пороге энергетической революции – ВИЭ-2023 [Электронный ресурс] / А. Тихонов // E²nergy. – 11.03.2024. – Режим доступа: https://eenergy.media/news/29092. – Дата доступа: 29.03.2024.

18. *Федун, Л.* Перспективы развития мировой и российской энергетики: сценарии до 2050 года [Электронный ресурс] / Л. Федун, А. Сонин // Энергетическая политика. – 2022. – Режим доступа: https://energypolicy.ru/perspektivy-razvitiya-mirovoj-i-rossijskoj-energetiki-sczenarii-do-2050-goda/neft/2022/13/18/. – Дата доступа: 20.09.2022.

19. *Филиппова, А. В.* Глобальные тренды развития мировой электроэнергетики в условиях перехода к возобновляемым источникам энергии // Экономика, предпринимательство и право. – 2023. – Т. 13, № 9. – С. 3413–3426.

20. *Юдаев, И. В.* Возобновляемые источники энергии: учебник для вузов / И. В. Юдаев, В. В. Гамага, Ю. В. Даус. – СПб.: Изд–во ЛАНЬ, 2022. – 328 с.

References

1. *Borisova, Yu. S.* Sravnitel'nyj analiz vliyaniya ob'ektov tradicionnoj i al'ternativnoj energetiki na okruzhayushchuyu sredu / Yu. S. Borisova, N. S. Samarskaya // Bezopasnost' tekhnogennyh i prirodnyh sistem. – 2021. – № 4. – S. 58–63.

2. *Vozobnovlyaemaya* energetika v Rossii i mire. – M., 2022. – 105 s.

3. *Gidroenergetika* vlechet za soboj ekologicheskie problemy [Elektronnyj resurs]. – Vedomosti. Ekologiya. – 30.06.2022. – Rezhim dostupa: https://www.vedomosti.ru/ecology/protection_nature/articles/2022/06/30/929246-gidroenergetika-vlechet-za-soboi-ekologicheskie-problemi. – Data dostupa: 10.02.2024.

4. *Golubev, S.* Opyt Kitaya i Belarusi v postroenii zelenoj ekonomiki / S. Golubev, Ch. Czyan'bo, Ch. Yujlin' // Bel. dumka. – 2022. – № 5. – S. 60–66.

5. *Illenzeer, O.* Zelenaya energetika: sostoyanie i perspektivy zelenyh tekhnologij v Rossii i mire [Elektronnyj resurs] / O. Illenzeer // Neftegaz.RU. – 2023. – № 9. – Rezhim dostupa: https://magazine.neftegaz.ru/articles/alternativnaya-energetika/804938-zelenaya-energetika-sostoyanie-i-perspektivy-zelenykh-tekhnologiy-v-rossii-i-mire/. – Data dostupa: 02.04.2024.

6. *Zemlya* kak istochnik energii [Elektronnyj resurs] // E2nergy. – 31.08.2023. – Rezhim dostupa: https://eenergy.media/news/26683. – Data dostupa: 29.03.2024.

7. *Zlobin, A.* MEA ob'yavilo o «nachale konca» ery iskopaemogo topliva [Elektronnyj resurs] / A. Zlobin. – 12 sen-tyabrya 2023. – Rezhim dostupa: https://www.forbes.ru/biznes/496296-mea-ob-avilo-o-nacale-konca-ery-iskopaemogo-topliva. – Data dostupa: 20.01.2024.

8. *Ivanovskij, B. G.* Problemy i perspektivy perekhoda k «zelenoj» energetike: opyt raznyh stran mira (Obzor) / B. G. Ivanovskij // Ekonomicheskie i social'nye problemy Rossii. – 2022. – № 1. – S. 58–78.

9. *Kovalev, M. M.* Budushchee belorusskoj energetiki na fone global'nyh trendov / M. M. Kovalev, A. S. Kuznecov. – Minsk: Izd. centr BGU, 2018. – 223 s.

10. *«Zelenaya»* energetika v sisteme mirovoj ekonomiki: opyt raznyh stran, sovremennoe sostoyanie i perspektivy / N. A. Mishina [i dr.] // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Obshchestvennye nauki. – 2022. – № 2. – S. 167–179.

11. *Moshchnosti* «zelyonoj» energetiki v 2023 godu v mire vyrosli na 50 % [Elektronnyj resurs]. – 16 yanvarya 2024. – Rezhim dostupa: https://www.atomic-energy.ru/news/2024/01/16/142254. – Data dostupa: 31.03.2024.

12. *Nacional'nyj* doklad o sostoyanii okruzhayushchej sredy Respubliki Belarus' za 2019–2022 gody / Ministerstvo prirodnyh resursov i ohrany okruzhayushchej sredy Respubliki Belarus', Institut prirodopol'zovaniya NAN Belarusi, Respublikanskoe unitarnoe predpriyatie «Central'nyj nauchno-issledovatel'skij institut kompleksnogo ispol'zovaniya vodnyh resursov». – Minsk, 2023. – 172 s.

13. *Pendzhiev, A. M.* Vozobnovlyaemaya energetika i izmenenie klimata / A. M. Pendzhiev // Okruzhayushchaya sreda i energovedenie. – 2023. – № 3. – S. 39–49.

14. *Perspektivy* razvitiya mirovoj energetiki s uchetom vliyaniya tekhnologicheskogo progressa / pod red. V. A. Kulagina // M.: INEI RAN, 2020. – 320 s.

15. *Pochemu* solnechnye batarei ubivayut ptic [Elektronnyj resurs] // Ekosfera. – 2020. – Rezhim dostupa: https://ecosphere.press/2020/08/23/pochemu-solnechnye-batarei-ubivayut-pticz/. – Data dostupa: 29.05.2022.

16. *Razvitie* vozobnovlyaemoj energetiki v Belarusi: chto ozhidat' v budushchem [Elektronnyj resurs]. – E2nergy. – 19.03.2024. – Rezhim dostupa: https://eenergy.media/news/29196. – Data dostupa: 29.03.2024.

17. *Tihonov, A.* Na poroge energeticheskoj revolyucii – VIE-2023 [Elektronnyj resurs] / A. Tihonov // E2nergy. – 11.03.2024. – Rezhim dostupa: https://eenergy.media/news/29092. – Data dostupa: 29.03.2024.

18. *Fedun, L.* Perspektivy razvitiya mirovoj i rossijskoj energetiki: scenarii do 2050 goda [Elektronnyj resurs] / L. Fedun, A. Sonin // Energeticheskaya politika. – 2022. – Rezhim dostupa: https://energypolicy.ru/perspektivy-razvitiya-mirovoj-i-rossijskoj-energetiki-sczenarii-do-2050-goda/neft/2022/13/18/. – Data dostupa: 20.09.2022.

19. *Filippova, A. V.* Global'nye trendy razvitiya mirovoj elektroenergetiki v usloviyah perekhoda k vozobnovlyaemym istochnikam energii // Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo. – 2023. – T. 13, № 9. – S. 3413–3426.

20. *Yudaev, I. V.* Vozobnovlyaemye istochniki energii: uchebnik dlya vuzov / I. V. YUdaev, V. V. Gamaga, Yu. V. Daus. – SPb.: Izd–vo LAN', 2022. – 328 s.

Поступила 05.04.2024 г.