

Сравнительная характеристика перспектив развития биоэнергетики России и Китая

А. А. Аристова¹, Ц. Тянь²

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Санкт-Петербург, Российская Федерация

¹aristova.aa@edu.spbstu.ru, ²tyan2.ts@edu.spbstu.ru

Аннотация. За последнее десятилетие ведущие страны мира уделяют особое внимание развитию энергии возобновляемых ресурсов, в том числе и биоэнергетике. При этом высокая потребность в использовании биотехнологий заключается в экологичности структуры генерации энергии страны и количестве производимых опасных отходов, требующих чистую утилизацию. Поскольку возможности применения и сопутствующего развития биотехнологий зависят от таких факторов, как объем ресурсной базы, наличие нормативно-правовой государственной поддержки, применимость видов генерации электрической и тепловой энергии и необходимость в реформировании экологически грязной генерации. В статье приводится сравнительный анализ, основывающийся на данных факторах, перспектив развития в России и Китае ключевого направления возобновляемой энергии – биоэнергетики.

Ключевые слова: биоэнергетика, биомасса, утилизация отходов, ТБО, биоэкономика, биогаз, биотехнологии

I. ВВЕДЕНИЕ

В прогрессирующих государствах такие области, как энергетика и экономика обладают тесной взаимосвязью, определяющая потенциальность развития страны в технологических, экономических, политических и социальных сферах. Исследования в этой области позволяют определить факторы для сравнительного анализа перспектив развития биоэнергетики России и Китая. Поскольку биоэкономика входит в классификацию развивающихся технологических направлений экономики, а биоэнергетика основывается на использовании в технологическом процессе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и является основным видом современной энергетики, помимо традиционной.

Вследствие увеличения роста экономики мира, быстрыми темпами продуцируются различные виды отходов и порядка 33% этих отходов на данный момент нерационально используются за счет сжигания или же примитивного открытого хранения или захоронения [1]. По оценкам Всемирного банка, уровень экономического развития, рост численности населения и урбанизация стран в целом приведут к увеличению образования отходов с 2,01 млрд т в 2016 году до 3,40 млрд т к 2050 году [2]. Ввиду этого возникает необходимость минимизирования отходов посредством разумной утилизации с сопутствующей вторичной переработкой и выработкой энергии, позволяющая обеспечить экологическую замкнутость производственного цикла – важнейшего критерия перехода к циркулярной экономике. Поэтому направление политики ведущих стран мира на увеличение доли ВИЭ в энергетическом балансе позволяет достичь замкнутого ресурсного цикла,

благодаря возрастанию спроса на возобновляемую энергию, в том числе и биоэнергетику.

Энергетическая и экономическая составляющие резкого развития отношений Китая и России взаимозависимы. В 2021 году произошел неожиданный энергетический кризис на рынке Китая, вызванный коллапсом добычи угля. В начале года Китай выступил с реформированием угольной генерации с целью максимального использования ВИЭ, в том числе и биоэнергетики. К сожалению, уже сейчас производственный сектор экономики Китая почувствовал недостаток энергии. И именно Россия сможет дать время в виде топливных ресурсов на уменьшение доли угольной генерации. В связи с чем возникает вопрос о перспективах развития, возможно совместного, сектора биоэнергетики в РФ и КНР.

II. МЕТОДОЛОГИЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА БИОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ И КИТАЯ

В основе сравнительного анализа перспектив развития биоэнергетики России и Китая выступает смешанный метод, характеризующийся сочетанием количественного и качественного подходов, для более четкого выделения конкретных возможностей развития. Использование данных подходов предполагает не только оценочную характеристику производимых отходов и потенциальных возможностей биотехнологий рассматриваемых стран, но и анализ полученных результатов с целью обобщения сопоставления уровня прогрессивного развития и дальнейших перспектив эффективного использования отходов биомассы в энергетике России и Китая.

Процесс сравнительной характеристики заключается в анализе существующих данных по исследуемым странам таких, как ресурсный потенциал биомассы, допускающий уровень внедрения биотехнологий в генерацию энергии, применение технологий, использующие в качестве топливного сырья биомассу, и доля биоэнергетики в установленной генерации электроэнергии исследуемых стран. Кроме того, необходимо также учитывать влияние государственной позиции каждой страны в области биоэнергетики на возможности развития биотехнологий и использования биомассы. Сбор сырьевой информации происходит в зависимости от возможного применения вида отходов в выработке электроэнергии или производстве биогаза и выделяется общая классификация ресурсной базы, позволяющая сравнивать потенциал биомассы стран. Стоит рассматривать биотехнологии, которые имеют реальное применение в России и Китае, сравнивая технические и экономические показатели, с последующей оценкой перспективного применения конкретных видов биотехнологий в выработку общей

генерации стран или только одной из стран. Для полноты оценки возможностей развития биотехнологий возможно дополнительно предположить какие технологии или их сочетание позволяют использовать биомассу эффективнее, основываясь на существующих научных исследованиях.

Поскольку экономические отношения России и Китая в последние годы быстро развиваются и тесно взаимосвязаны в сфере энергетики, имеет место быть выявление влияния на прогресс биоэнергетики и возможных государственных или межгосударственных программ стран в отдельности, если такое есть.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ СОПОСТАВЛЕНИЯ ФАКТОРОВ БИОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ И КИТАЯ

A. Ресурсная база

Ресурсный потенциал биомассы России и Китая имеет огромные возможности при структурированном регулировании отходами на государственном уровне и использовании биотехнологических разработок.

В России биомасса является лидером с огромным потенциалом использования в энергетике из всех видов ВИЭ. При этом ежегодно производится около 15 млрд т биомассы – это энергия 8 млрд т условного топлива (тут). Но по сравнению с развитыми странами коэффициент использования отходов для производства вторичного сырья России на 2,5 раза ниже [3]. В целом существующий потенциал биомассы в Китае составляет 460 млн тонн стандартного угля в год. Если учесть маргинальные земли для выращивания энергетических культур, то ресурсный потенциал может достигать 956 млн тонн стандартного угля, из них часть для выработки электроэнергии составляет 569 млн тонн стандартного угля [4].

Перспектива развития биоэнергетики зависит от ресурсного потенциала, позволяющего применять биотехнологии для вторичной переработки или выработки электроэнергии (э/э) с возможностью использования когенерационной установки. Производимая биомасса России и Китая позволяет в большом объеме утилизировать отходы от сельскохозяйственного производства с более высокой долей применения в биоэнергетике по сравнению с остальными видами биомассы. При этом стоит также учитывать важность и необходимость использования в качестве топливного сырья твердые бытовые отходы (ТБО), имеющие на данный момент экологические сложности переработки (рис. 1).

До 2018 года Китай являлся мировым лидером импорта мусора, но с введением ограничений на ввоз свалочных отходов ужесточились условия утилизации во избежание колоссальных токсичных выбросов в воздух. На конец 2020 года уровень безвредного обращения с городским мусором в виде твердых бытовых отходов оценивается в 99,5%, когда уровень утилизации составляет всего 15,6%. На сегодняшний день в России более 90% всех отходов не подвергаются утилизации. По официальным данным существует порядка 14 700 легальных свалок, а число несанкционированных свалок колеблется от 10 тыс. до сотен тысяч. Для решения проблем обращения с отходами необходимо утилизировать перечисленные виды свалок с целью освобождения отчужденных территорий России и Китая. В дополнение, создание плана развития промышленного сектора по конкретным

регионам с учетом уровня энергодефицитности, характеризующаяся традиционными подходами достижения снижения энергопотребления, заключается в отличии подходов для реализации регулируемого обращения с отходами [5].



Рис. 1. Ресурсная база биоэнергетики России и Китая

B. Состояние развитие биоэнергетики

В результате оценки существующей структуры электрогенерации России и Китая на 2020 год следует, что наиболее популярным видом генерации являются тепловые электростанции (ТЭС) на угле и природном газе, следом выделяются гидроэлектростанции (ГЭС). Причем доля выработки э/э на атомных электростанциях (АЭС) преобладает только в России. Стоит отметить, что биоэнергетика не составляет значительную долю для выработки установленной э/э, несмотря на вектор развития доли ВИЭ в энергетике Китая и выдачу субсидий на поддержание использования энергии биомассы. Рассматривая общую выработку электроэнергии, производимую посредством традиционной генерации, Китая и России в период 1990–2020 гг., производство э/э России имеет практическое постоянство с течением времени, когда значительное увеличение выработки Китая с первой половины XXI века характерно экспоненциальной зависимостью (рис. 2). При этом выработка э/э Китая продолжает стабильно расти (+3,7% по сравнению с 2019), несмотря на международный кризис [6].

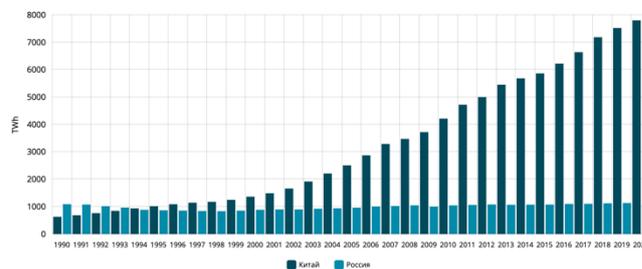


Рис. 2. Тенденция производства электроэнергии в период 1990–2020 гг.

Отрасль биоэнергетики Китая преобладает производством электроэнергии, дополненная другими видами использования биомассы. В 2020 году установленная мощность на биомассе в Китае увеличилась на 5,43 млн кВт, а совокупная установленная мощность достигла 29,52 млн кВт. Выработка электроэнергии на биомассе составила 132,6 млрд кВт*ч, годовой рост составляет 19,4% [7]. Согласно данным Национального управления энергетики, в 2020 году на установленную мощность биомассы и выработку электроэнергии в Китае

приходится доля ВИЭ, увеличившаяся до 3,2% и 6% соответственно.

На сегодняшний день Россия является одним из лидеров по производству и экспорту различного вида биотоплива. Что касается производства энергии за счет использования биомассы, то ситуация отлична от Китая. Так, за 2020 год объем выработки электроэнергии на розничном и оптовом рынках с использованием биогазовых установок уменьшился на 2,9 млн кВт*ч по сравнению с 2019 г и составил 25,06 млн кВт*ч. Электростанции на биомассе на выходе производят до 39 млн кВт*ч электроэнергии, что на 37,88 млн кВт*ч выше выработки э/э на свалочном газе (1,15 млн кВт*ч). Фактическая установленная мощность на биомассе составляет 6 МВт, на биогазе и свалочном газе 4 МВт и 3 МВт соответственно [8].

Из результатов сравнительной характеристики мощности и производительности в энергетических системах России и Китая биоэнергетического сектора следует значительная разница вырабатываемой э/э. По сравнению с Россией биогенерация Китая выдает примерно в 10 раз больше электрической мощности (рис. 3). К примеру, установленные электрические мощности в РФ и КНР за 2020 год, выработанные с применением биотехнологий, продуцируют 1370 МВт и 18687 МВт соответственно и отличные на порядок [9].

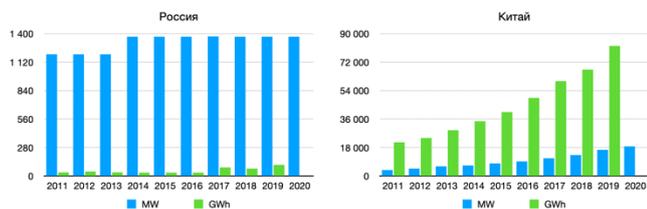


Рис. 3. Изменение мощности и производительности сектора биоэнергетики за 2011–2020 гг.

Данное различие уровня применения возможностей энергии биомассы обуславливается степенью потребности в большом количестве электрической энергии, необходимое Китайской промышленности, и экологичностью генерации. В Китае как раз-таки доля использования угля в качестве топливного ресурса на ТЭЦ выше. Кроме того, в характере изменения мощности объектов биоэнергетики стран прослеживается схожее изменение выработки э/э на рис. 2, а именно стремительное увеличение выработки электроэнергии в генерации Китая и поддерживающее стабильное значение мощности Российской энергосистемы. Что подтверждает действительное применение энергогенерации путем переработки биомассы на электростанциях в структуре выработки электроэнергии, означающее

С. Нормативно-правовая база

Важнейшим критерием эффективного применения биотехнологического потенциала в развитии энергетики является поддержка государства, заключающаяся в наличии нормативно-правового регулирования потоков биомассы и финансового обеспечения необходимых проектов биоэнергетики. На рис. 4 представлено распределение государственных потоков финансирования направления биоэнергетики России и Китая в течение 10 лет. Степень выделения финансирования возобновляемой энергии биомассы на бюджетной основе государства более развит в Китае.

Однако, существенные средства федерального бюджета вкладываются и в развитие биоэнергетики России.

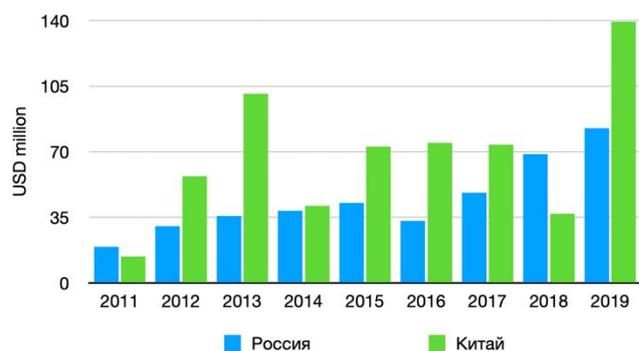


Рис. 4. Государственные потоки финансирования биоэнергетики

В «Комплексной программе развития биотехнологий в РФ на период до 2020 года» направление биоэнергетики предусматривает порядка 31,2% от общего объема финансирования Программы «БИО-2020», что в 3,5 раза выше заложенного бюджета развития биофармацевтики [10]. Основопологающим источником финансирования реализации первого этапа программы, направленного на развитие внутреннего сектора производственно-технологической базы, выступают денежные ресурсы субъектов РФ, федерального бюджета и компании с государственным участием, в число которых входят и заинтересованные международные корпорации с целью локализации мощностей России. Второй этап данной Программы – создание институциональных условия для модернизации технологической отрасли биоэнергетики осуществляется, благодаря финансовым вложениям российских и международных корпораций, предприятий среднего и малого бизнеса, а также за счет малой доли привлекаемых инвестиций на фондовом рынке. Объем финансирования Программы сектора биоэнергетики в период 2011–2020 гг. составляет 367 млрд рублей.

Финансирование мер по увеличению доли энергии биомассы за период 2011–2019 гг. рассматривается в совокупности двух планов развития биоэнергетики Китая – 12-й (2011–2015 гг.) и 13-й (2016–2020 гг.) пятилеток. По оценке центрального правительства Китая затраты на развитие производства биогаза в сельских местностях составили порядка 20 млн евро. Вклад государственных инвестиций в биоэнергетическую отрасль, рассчитываемый миллиардами евро, позволяет быстро развить производство биогаза в сельской местности Китая за счет роста числа потребителей энергии, получаемого из данного вида биотоплива. В китайскую биоэнергетику за 12-ю пятилетку инвестировалось около 279 млн долларов США, а в 13-ю – 397,3 долларов США. Развитие данной промышленности улучшило инвестиционный климат в регионах, системы управления и функционирования биогазовых станций. Так, в 2010 году китайское правительство в рамках целевого бюджетного ассигнования инвестировало 800 миллионов юаней с целью закупки 200 тысяч биогазовых установок, обеспечив биогазом миллион жителей Тибета.

Отсутствие систематизированного механизма работы нормативно-правовой базы развития биоэнергетики негативно влияют на потенциальные технологические открытия в данной области. Отсюда возникает высокая ответственность в поддержании актуальности и

эффективности данной урегулированной базы. В 2007 году началось формирование нормативно-правовой базы биоэнергетики РФ, основанная на утверждении основных направлений и целей поддержки возобновляемой энергетики, установлении доли производимой выработки э/э в энергосистеме и возможного производства топливного ресурса в виде биомассы. Ключевым решением выступили принятие государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики на период 2013–2020» и утверждение Программы «БИО-2020», закрепив на федеральном уровне приоритетность развития биоэнергетики России [11]. Результаты данных нормативных документов представляют собой прорывы в научной сфере посредством проведения различных исследований по усовершенствованию процесса переработки биомассы с последующим получением тепла и электроэнергии, в том числе и развитие производства жидкого, твердого и газообразного биотоплива.

Существующие недостатки поддержки государства приводят к недостаточному развитию биоэнергетики, заключающиеся в несформированном потенциале биомассы, как источника сырья возобновляемой энергетики, соединении плана развития биотехнологической отрасли без учета возможностей каждого направления ВИЭ РФ. Дополнительно отсутствует экономическая мотивация в конкурентоспособности применения биотехнологий в связи с высокой долей традиционной генерацией и достаточной для обеспечения страны энергией. Вместе с тем, недооценивается перспектива эффективного использования новой энергетики на удаленных территориях сельского хозяйства за счет автономного энергообеспечения.

Одной из главных причин расширения технологий, обеспечивающие теплом и электричеством, Китая является экологическая ситуация энергетического сектора, возникающая в результате использования ископаемых источников энергии с высоким содержанием вредных веществ. Принятие Закона о возобновляемых источниках энергии в 2006 году дал толчок в сторону покорения биоэнергетики. Данный закон опирается на четыре механизма активизирования развития зеленой энергетики Китая:

- формирование стратегии развития энергетики ВИЭ на среднесрочный и долгосрочный период;
- осуществление политики обязательного подключения к сети объектов возобновляемой энергетики;
- создание национального фонда развития энергетики ВИЭ;
- задействование системы feed-in тарифов.

Национальное энергетическое управление Китая учитывает конкурентоспособность с традиционными источниками энергии, разбив регионы страны на три разных уровня: красный, оранжевый и зеленый. Классификация уровня зависит от объема генерации и уровня мощности электростанций. Данный механизм позволяет создать благоприятную рыночную и инвестиционную среды для каждого региона. Государственное регулирование сектора биоэнергетики предусматривает создание обязательных квот

потребления возобновляемой электроэнергии с целью повышения до 30% доли импорта энергии ВИЭ в межрегиональной энергосистеме [12]. Кроме того, политика Китая сконцентрирована на реализации субсидий для возможности использования биотехнологий в производстве э/э, урезая при этом количество субсидий для солнечной и ветряной энергетики, и применение биоэнергетики не только в распределительных сетях, но и на станциях с децентрализованной и сетевой системами.

Д. Перспективы биогазовых установок

В настоящее время мировой рост промышленных и бытовых отходов влечет за собой проблематику в утилизации нулевых выбросов вредных веществ в атмосферу. Помимо этого, затраты электроэнергии на переработку отходов при нарастающем энергетическом кризисе не вызывают волну массовой утилизации, применяемой различные методы сжигания отходов. В качестве технологического решения может выступать биогазовая установка, перерабатывающая отходы в биореакторах, где биомасса подвергается вторичной переработке с дальнейшим получением биогаза, энергетические возможности которого не уступают природному газу, что позволяет прогрессивно внедрять биотехнологии в структуру энергетической систем России и Китая.

Тенденция становления биогазовых установок в России основывается на строительстве энергообъектов мощностью от 1 до 5 МВт, специализирующих главным образом на покрытие собственных нужд производств, а также для продажи на розничном рынке при избытке электроэнергии. Достаточно часто встречающимся биосырьем установок являются отходы свиноводческих ферм и крупного рогатого скота (КРС). В более 31 млн домах китайских семей установлены компактные блоки биогазовой системы для покрытия бытовых нужд, и рост спроса на подобное применение энергии биомассы будет только увеличиваться. Значительность ресурсной базы Китая отходов агропромышленного комплекса обеспечивает нужды топливного сырья.

На территории России в данный момент введены в эксплуатацию 20 биогазовых установок небольших ферм (не более 30 голов КРС). В Китае на 2010 год приходится порядка 40 млн биогазовых установок (на 2020 год более 30 электростанций установленной мощностью от 20 МВт) с годовым производством 6,5 млрд кубометров биогаза. На 2020 год объем получения биогаза достиг 25 млрд м³ [13].

Технические показатели биогазовых установок, использующие когенерацию, представлены на табл. 1. Рассматриваемая биогазовая установка ГНУ СКНИИЖ является разработкой научного института. Деятельность ГК «Корпорации «ГазЭнергоСтрой», имеющая 80 патентов на биоразработки, основана на строительстве биогазовых установок мощностью более 4000 МВт. Успех Xinfeng Xuneng Biomass Power Generation с уставным капиталом 300 миллионов юаней оценивается 6 запатентованными биотехнологиями для получения энергии. GaoYou LinYuan Science and Technology Empolder занимается ВИЭ и производством энергии из биомассы и имеет 4 патента в сфере биоэнергетики. Уставный капитал составляет 85,71 миллиона юаней.

Показатель	Россия		Китай	
	ГК «Корпорация «ГазЭнергоСтрой», [14]	ГНУ СКНИИЖ, [14]	Xinfeng Xuneng, [15]	GaoYou LinYuan, [16]
Производительность по переработке отходов, т/сутки	476	56	685	124
Субстрат	Навоз	Навоз и зерноотходы	Отходы с/х и лесной промышленности	Солома
Получение э/э, тыс. кВт*год	21637,2	673216,7	225000	42000
Получение тепловой энергии, тыс. кВт*год	25920	1637039	116670	17465
Потребляемая э/э, кВт*год	73000	13464	-	-
Потребляемая тепловая энергия, кВт;год	36500	375649	-	-
Получение удобрений				
в жидком виде, м ³ /год	262800	-	-	-
в твердом виде, т/год	-	5570,2	-	3000
Получение биогаза	24687	1676	-	21917

Технологические возможности, применимые к биогазовым установкам, российского и китайского производства энергетических комплексов незначительно отличаются. Тем самым разработанные технологии России и Китая практически находятся на одном уровне. Эффективность рассматриваемых установок обеспечивается за счет когенерационного режима, то есть получения тепловой и электрической энергии. Для более подробного сравнения необходимо рассмотреть методику выбора оптимального состава субстрата, влияющий на обеспечение максимальности и бесперебойности выработки биогаза, но данный анализ ограничивается данными табл. 1.

Китайские власти всерьез рассчитывают на биогаз, как на существенный источник электроэнергии для сельских районов. Согласно государственной стратегии, 14-й пятилетки, развития сельских и промышленных биогазовых станций, в Китае планируется ежегодное увеличение числа биогазовых установок на 15%. Российский рынок строительства данных комплексов недостаточно развит, исходя из малого значения существующих биогазовых установок, установленная мощность которых, как правило, не десятки МВт, и отсутствия популярности подобных технологий.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вектор развития политики энергетики Российской Федерации направлен на поддержание стабильной выработки электрической энергии в энергетической структуре генерации с запасом резервируемой максимальной мощности. Вследствие чего отсутствует необходимость в дополнительных источниках производства резерва мощностей, покрывающие потребность сверх установленной выработки. А как следствие получение тепловой и электрической энергии посредством сжигания биогаза, полученного в процессе переработки на биогазовых установках. Существенная роль поддержки биоэнергетики заключается в продаже различного вида биотоплива на международном рынке, в том числе и биогаза, попутно решающая проблему роста отходов и складирования на открытых свалках. В связи с этим наличие государственных программ, подразумевающих создание и поддержка проектов биоэнергетики, а также усовершенствование технологических методов получения биотоплива. Финансирование данных программ происходит за государственный счет и составляет 367 млрд рублей в

период 2011–2020 гг., при этом доля инвестиционных вложений в разы меньше по сравнению с поддержкой комплексов традиционной энергетики.

Стремительное процветание биоэнергетики Китая обосновывается растущим спросом на электроэнергию с сопутствующим развитием сельскохозяйственного сектора. Принятие реформирования энергообъектов угольной генерации стимулировало создание нормативно-правовой поддержки биоэнергетики, эффективность которой оценивается выработкой электроэнергии на биомассе в 132,6 млрд кВт*ч и производством 25 млрд кубометров биогаза на 2020 год. Значимость государственного финансирования характеризуется выделением 139 млн долларов США в 2019 году на создание условия для развития сектора биоэнергетики, заключающееся в генерации электрической энергии и получении биогаза. Одна из главных причин успеха биоэнергетики Китая заключается в огромной доле частных инвестиций, чем не может похвастаться Россия. Однако, такие финансовые вложения привели к превышению предполагаемого необходимого уровня китайского энергетического сектора из-за уровня фактических зеленых инвестиций, вложенных во все виды возобновляемых источников энергии подвержена чрезмерным инвестициям, в то время как угольная промышленность, так и нефтегазовая промышленность подвержены недоинвестированию.

Перспективы развития биоэнергетики России и Китая закрепляются государственной поддержкой. Согласно «Дорожной карты развития биоэнергетики России на период 2019–2030» суммарная мощность биоэнергетических установок достигнет 26 ГВт, инвестирование которой составит порядка 40 млрд долларов США без учета затрат на создание распределительных сетей. Цель 14-го пятилетнего плана сроком до 2025 года китайского сектора биоэнергетики заключается в увеличении суммарной мощности установок когенерации к 2030 году до 30 ГВт, что позволит полностью обеспечить жителей деревенских провинций электроэнергией и теплом собственного производства. Прогнозирование китайских властей подкрепляется постоянно растущими инвестициями в отрасль биоэнергетики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Шилкина С.В. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России // Отходы и ресурсы, 2020. №1. С.1-17.
- [2] Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. 2018. What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development;. Washington, DC: World Bank. 231 с.
- [3] Дорожная карта развития биоэнергетики на период 2019-2030 [Электронный ресурс] // Технологическая платформа «Биоэнергетика». – Режим доступа: http://www.tp-bioenergy.ru/upload/file/dorozhnaya_karta_tp_bioehnergetika.pdf – Дата доступа: 19.11.2021.
- [4] Transcript of the online press conference of the China National Energy Administration in the first quarter of 2021. Available at: http://www.nea.gov.cn/2021-01/30/c_139708580.htm. China National Energy Administration. Accessed: 19 november 2021.
- [5] Налегов И.Д., Новикова О.В., Амосов Н.Т. Создание промышленного кластера обращения с отходами, его перспективы и преимущества // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, 19-24 ноября 2018 г. Лучшие доклады. – СПб : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. С. 293-297.
- [6] Производство электроэнергии. Разбивка по странам. [Электронный ресурс] // Статистический Ежегодник мировой энергетики. – Режим доступа: <https://yearbook.enerdata.ru/electricity/world-electricity-production-statistics.html> – Дата доступа: 21.11.2021.
- [7] Biomass energy has great potential to achieve carbon peaking and carbon neutrality in China. Available at: <https://www.solidwaste.com.cn/news/328539.html>. Solidwaste. Accessed: 24 november 2021.
- [8] Рынок электроэнергии и мощности. [Электронный ресурс] // НП «Совет Рынка». – Режим доступа: <https://www.npr-sr.ru/market/vie/index.htm> – Дата доступа: 23.11.2021.
- [9] Abu Dhabi. Renewable energy statistics 2021 // The International Renewable Energy Agency, 2021. 446 p.
- [10] Комплексная программа развития биотехнологий. [Электронный ресурс] // Статистическое управление. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/41d4e85f0b854eb1b02d.pdf> – Дата доступа: 22.11.2021.
- [11] Стратегическая программа исследований по биоэнергетике [Электронный ресурс] // Технологическая платформа «Биоэнергетика». – Режим доступа: http://tp-bioenergy.ru/upload/file/spi_bioenergy_2021.pdf – Дата доступа: 21.11.2021.
- [12] China Renewable Energy Outlook 2019. Available at: <http://boostre.cnrec.org.cn/index.php/2020/03/30/china-renewable-energy-outlook-2019-2/?lang=en>. Boostre. Accessed: 20 november 2021.
- [13] Вальданов Ф.Ш., Латыпова Ф.Н., Чанышев Р.Р., Николаева С.В. Успехи развития мировой биогазовой индустрии // Башкирский химический журнал, 2011. Т. 18, №1. С. 29-36.
- [14] Сергиенко О.И., Кашенко Ю.С., Елистратова А.П. Выбор наилучших доступных технологий получения биоэнергии на основе эколого-экономических критериев // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент, 2014. №4. С. 361-374.
- [15] Guangdong Shaoneng Group CO. Available at: <http://www.shaoneng.com.cn/index.php>. Shaoneng. Accessed: 24 november 2021.
- [16] GaoYou LinYuan Science and Technology Empolder CO. Available at: <http://www.gylykj.com/2012-5/201252970551.htm>. GYLYKJ. Accessed: 24 november 2021.