

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический кодекс установившейся практики ТКП 17.10-33-2011 (02120) «Порядок проведения измерений параметров ветра и использования полученных данных при планировании размещения ветроэнергетических установок» / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Минск, 2011. – 13 с.
2. Технический кодекс установившейся практики ТКП 17.10-39-2012 (02120) «Порядок оценки ветроэнергетического потенциала при размещении ветроэнергетических установок на территории Республики Беларусь» / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Минск, 2012. – 19 с.
3. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды // [Электронный ресурс]. – Минск, 2001–2019. URL: [http:// minpriroda.of.by/Location](http://minpriroda.of.by/Location) (дата обращения: 21.12.2018).

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

PROSPECTS FOR USE OF RENEWABLE SOURCES OF ENERGY IN THE REPUBLIC OF BELARUS

А. В. Домненкова, С. В. Киселев

A. Domnenkova, S. Kiselev

*Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
adomnenkova@gmail.com*

Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

Одним из важнейших факторов повышения энергетической безопасности страны является повышение уровня обеспеченности потребности в энергии за счет собственных энергоресурсов. В работе приведены перспективы и направления использования основных возобновляемых источников энергии в Беларуси, использование которых позволит повысить энергетическую самостоятельность республики.

One of the most important factors in increasing the country's energy security is to increase the level of security of energy needs through its own energy resources. The paper presents the prospects and directions for the use of the main renewable energy sources in Belarus, the use of which will increase the energy independence of the republic.

Ключевые слова: энергия, возобновляемые источники энергии, энергетическая безопасность, энергоресурсы.

Keywords: energy, renewable energy sources, energy security, energy resources.

Согласно Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23.12.2015 г. № 1084), повышение уровня обеспеченности потребности в энергии за счет собственных энергоресурсов является одним из важнейших факторов энергетической безопасности страны. Рост энергетической самостоятельности должен осуществляться с учетом максимально возможного вовлечения в топливно-энергетический баланс местных энергоресурсов, прежде всего, возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [1; 3].

Концепцией определены два индикатора, определяющие уровень энергетической самостоятельности страны:

1. Отношение объема производства (добычи) первичной энергии к валовому потреблению топливно-энергетических ресурсов (ТЭР); предусматривается плановое увеличение данного индикатора с 14 до 20 % к 2035 г.
2. Соотношение объема производства и потребления энергии, произведенной из возобновляемых источников энергии. Доля ВИЭ в валовом потреблении должна возрасти с 5 до 9% к 2035 г.

В настоящее время основной поставщик топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в Республику Беларусь – Российская Федерация, доля которой в поставках составляет более 90 %. Удельный вес доминирующего вида топлива – природного газа – составляет около 60 % в валовом потреблении ТЭР.

Существующая на настоящий момент ситуация порождает ряд угроз энергетической безопасности Беларуси: возможность ограничения поставок импортируемых энергоносителей; вероятность непредсказуемого изменения цен на импортируемые топливные ресурсы; недостаточные объемы стратегических резервов ТЭР и др.

Следует отметить, что увеличение доли местных ТЭР в энергобалансе на существующем уровне развития технологий объективно не может обеспечить энергетическую безопасность страны, тем не менее, это позволит снизить остроту проблемы на основе диверсификации и сокращения оттока валютных средств.

За последние годы в Беларуси проделана значительная работа по вовлечению в топливный баланс местных ТЭР, в том числе возобновляемых источников энергии.

Использование ВИЭ является важнейшей проблемой современного развития энергетики. Альтернативная энергетика приобретает особое значение, так как при ее развитии сохраняется органическое топливо, не высвобождается энергия, «законсервированная» в биосфере, рационально используются ресурсы.

Альтернативная энергетика – энергетика, основанная на использовании возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – энергии ветра, солнечного излучения, приливов и тепла Земли и др. источников. Основное достоинство возобновляемой энергетики заключается в том, что она не требует использования исчерпаемых природных ресурсов – нефти, угля и газа, а также является экологически чистой и безопасной. К ограничивающим факторам использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) можно отнести нестабильность, локальность и сезонность.

Факторы, которые ускоряют переход на возобновляемых источников энергии:

- глобальные экологические проблемы;
- экономическая выгода, снижающая затраты на получение и конечную стоимость альтернативной энергии;
- социальная напряженность в обществе, вызванная снижением качества жизни, ростом плотности и численности населения;
- конечность и постоянно возрастающая сложность добычи ископаемого углеводородного топлива;
- политический фактор, выводящий в мировые лидеры страну, первой полноценно освоившую альтернативную энергетику [5].

Рассмотрим кратко наиболее используемые в мире возобновляемые источники энергии, а в таблице 1 представлены их преимущества и недостатки [4].

Солнечная энергетика использует энергию солнца. Потенциал солнечной энергии достаточно огромен – поверхность Земли облучается 120 тыс. тераваттами солнечного света, а это в 20 тыс. раз превышает общемировую потребность в ней. Получаемая энергия является полностью экологичной и безопасной. Более того, солнечный свет неисчерпаем.

Гидроэнергетика – это область наиболее развитой энергетики на возобновляемых ресурсах, использующая энергию падающей воды, волн и приливов. Использование энергии течения воды осуществляется путем гидравлических турбин. Данный источник получения энергии является стабильным, но сложным в строительстве.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки возобновляемых источников энергии

Наименование ВИЭ	Преимущества	Недостатки
Энергия солнца	<ul style="list-style-type: none"> – неисчерпаемость солнечного света – экологическая и биологическая безопасность – бесшумность – доступность 	<ul style="list-style-type: none"> – высокая стоимость – непостоянство – высокая стоимость аккумулирования энергии – применение дорогостоящих и редких компонентов – малая плотность мощность – кропотливый уход для поддержания исправности – низкая экологичность производства панелей
Энергия ветра	<ul style="list-style-type: none"> – экологическая чистота – эргономика – возобновляемая энергия – ветровая энергетика – лучшее решение для труднодоступных мест 	<ul style="list-style-type: none"> – нестабильность – относительно невысокий выход электроэнергии – высокая стоимость – опасность для дикой природы – шумовое загрязнение
Энергия воды	<ul style="list-style-type: none"> – возобновляемость – низкая себестоимость электрической энергии – длительный срок службы, до 50 лет – снижение эксплуатационных затрат 	<ul style="list-style-type: none"> – длительные сроки строительства – большие удельные капиталовложения на 1 кВт установленной мощности
Биотопливо	<ul style="list-style-type: none"> – удобрения, когенерация – мобильность – снижение стоимости – возобновляемые источники – сокращение выбросов парниковых газов 	<ul style="list-style-type: none"> – сложность технологии получения – ограничения региональной пригодности – продовольственная безопасность – ограничение на изменение землепользования – проблемы, связанные с выращиванием монокультуры

Ветровая энергетика – это получение механической энергии от ветра с последующим преобразованием ее в электрическую. Ветровые станции являются экологичными и удобными в перемещении установками. Однако ветрогенераторы обладают также недостатками: нестабильность ветрового потока, шумовые помехи и стоимость ветровой электростанции, которую также нужно обслуживать, что является относительно дорогостоящим делом.

Биоэнергетика – это энергетика, основанная на использовании биотоплива. Она включает использование растительных отходов, искусственное выращивание биомассы и получение биогаза. Биомасса представляет собой весьма широкий класс энергоресурсов, которые во многом определяются особенностями природных условий и видами хозяйственной деятельности области. Например, в качестве биоресурсов в Беларуси можно использовать: торф, лесные ресурсы, отходы от животноводства, твердые бытовые отходы (ТБО).

Основные возобновляемые источники энергии в Республике Беларусь, использование которых позволит повысить энергетическую безопасность страны: топливная древесина, отходы лесозаготовки и деревообработки, энергия ветра, солнца, биогаз из отходов сельского хозяйства и твердых коммунальных отходов, геотермальная энергия.

В условиях Беларуси энергия ВИЭ является конкурентоспособной относительно энергии, полученной из ископаемых видов топлива, при правильном планировании проектов и эксплуатации установок ВИЭ. При соблю-

дении технических условий размещения установок ВИЭ экономические характеристики их функционирования будут сопоставимы с аналогичными для установок, использующих ископаемое топливо. Экономические показатели использования различных видов энергии представлены в табл. 2.

ВИЭ имеются на всей территории Беларуси, поэтому их использование не требует существенной модернизации энергетических сетей. Возобновляемые источники могут использоваться для обеспечения нужд локальных потребителей энергии, в том числе отдаленных от газовых и электрических сетей.

Таблица 2 – Экономические показатели использования различных видов энергии

Вид ВИЭ	Удельные кап. затраты, долл./кВт	Окупаемость, лет	Себестоимость электроэнергии, центов долл./кВт-ч
Древесная биомасса	2500–4000	5,4	4,2–7
Биогаз (с/х)	3500–5000	7	5,2–8,5
Биогаз (ГКО)	6000	8	9
Ветроэнергетика	1450–2200	6	4,9–6,8
Солнечная энергетика	4500–7000	8	24–28
ГРЭС (на газу)			7

На сегодняшний день в Республике Беларусь действуют:

– порядка 3200 энергоисточников на местных видах топлива (древесное, торфяное топливо, лигнин, попутный газ) суммарной тепловой мощностью более 6000 МВт, в том числе 22 мини-ТЭЦ суммарной электрической мощностью около 130 МВт, тепловой – 345 МВт;

– 16 биогазовых установок суммарной электрической мощностью около 24 МВт;

– 50 гидроэлектростанций суммарной установленной электрической мощностью около 35,1 МВт;

– 56 ветроэнергетических установок суммарной электрической установленной мощностью около 43,2 МВт;

– 30 фотоэлектрических станций суммарной электрической мощностью около 13,2 МВт.

Согласно Государственной программе «Энергосбережение» на 2016–2020 гг. запланировано строительство 138 энергоисточников на местных видах топлива [2].

Перспективы и направления использования ВИЭ в Республике Беларусь:

1. Беларусь располагает существенными запасами торфа. Перспективным направлением использования которого является комплексная глубокая биотермохимическая переработка с получением широкого ассортимента продукции многоцелевого назначения.

2. Около 40 % территории Беларуси покрыто лесами. Расширение использования лесных ресурсов в энергетических целях должно происходить за счет комплексного использования отходов лесозаготовки и деревообработки. Наиболее эффективно использовать неликвидную древесину, отходы лесозаготовки и деревообработки, можно путем ее трансформации в щепу, топливные брикеты или пеллеты.

3. В Беларуси целесообразно строительство крупных биогазовых установок на отходах сельского хозяйства (0,5–2МВт). Для этого необходимо изменить типовые проекты строительства и модернизации животноводческих ферм и птицефабрик, что позволит учесть при проектировании возможность строительства биогазового комплекса и тем самым снизить капитальные затраты на его возведение.

4. На территории Беларуси имеются районы, пригодные для развития промышленной ветроэнергетики: территории Ошмянской, Минской, Новогрудской, Оршанской, Горецко-Мстиславской возвышенностей.

Актуальным для Беларуси является создание ветропарков с использованием ветроэнергетических установок единичной мощностью 1–2,5 МВт и высотой башни не менее 80 м.

5. Важным направлением использования энергии солнца в Беларуси является применение гелиоводонагревателей для интенсификации процессов сушки продукции и подогрева воды в сельскохозяйственном производстве, а также бытовых целей. Фотоэлектрический сектор – основное направление дальнейшего развития солнечной энергетики.

Актуальным для Республики Беларусь является разработка плана комплексного использования ВИЭ в региональном контексте с учетом особенностей природно-ресурсного потенциала и экономического развития отдельных регионов республики [3].

В табл. 3 представлены основные проекты, запланированные к реализации до 2020 г.

Таблица 3 – Основные проекты, запланированные к реализации до 2020 г.

Объект	Мощность, МВт
Полоцкая ГЭС	21,7
Витебская ГЭС	40
Мозырьская ТЭЦ, котел на МВт	до 150
Белорусская АЭС	2400

Ожидаемые результаты: снижение доминирующего энергоресурса (импортируемого природного газа) в производстве электрической и тепловой энергии до 70 %; экономия топливно-энергетических ресурсов – 850 тыс. т у.т.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23.12.2015 г. № 1084). – Минск, 2015. – 13 с.
2. Государственная программа «Энергосбережение» на 2016-2020 гг. (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28.03.2016 г. № 248). – Минск, 2016. – 54 с.
3. Домненкова, А. В. Использование возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь / А. В. Домненкова, С. В. Киселев, В. Н. Босак // Система управления экологической безопасностью: сб. тр. XII заоч. междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 30–31 мая 2018 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2018. – С. 161–164.
4. Баталова, А. А. Альтернативная энергетика в России / А. А. Баталова, Н. В. Дукмасова, Л. М. Теслюк, М. Е. Шевченко // Система управления экологической безопасностью: сборник трудов XII заоч. междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 30–31 мая 2018 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2018. – С. 151–155.
5. Пудовикова, А. И. Переход России на альтернативные источники энергии России / А. И. Пудовикова, А. А. Разживина, М. В. Березюк // Система управления экологической безопасностью: сб. тр. XII заочной междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 30–31 мая 2018 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2018. – С. 183–188.

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ КАК ОБЪЕКТ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ, ПРИНАДЛЕЖАЩИЙ ПОТРЕБИТЕЛЮ ЭНЕРГИИ PHOTOVOLTAIC STATION AS AN OBJECT OF DISTRIBUTED GENERATION OWNED BY THE TO A CONSUMER OF ENERGY

Е. П. Забелло, А. С. Качалко
E. Zabello, A. Kachalko

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
rektorat@bsatu.by
Belarusian State Technical University, Minsk, Republic of Belarus*

Рассмотрена фотоэлектрическая станция (ФЭС) как объект распределенной генерации, учитывая, что ФЭС могут быть построены на любых свободных площадках (в том числе крышах зданий и сооружений), иметь любую мощность – от единиц до сотен тысяч киловатт и, кроме того, они могут работать как независимые энергоисточники, так и источники генерации в составе единой энергосистемы, будучи максимально приближенными к потребителям энергии. Разработана блок-схема алгоритма управления ФЭС в суточном цикле рабочего дня совместно с накопителем энергии.

A photovoltaic station (FES) was considered as an object of distributed generation, given that FES can be built on any free sites (including roofs of buildings and structures), have any power, from units to hundreds of thousands of kilowatts and in addition, they can work as independent energy sources and sources of generation in the composition of the unified energy system, being as close as possible to energy consumers. A flowchart of the FES control algorithm in the daily cycle of the working day together with the energy storage unit has been developed.

Ключевые слова: фотоэлектрическая станция, распределенная генерация, накопители энергии, режимы.

Keywords: photovoltaic station, distributed generation, energy storage, modes.

По расчетам Департамента по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь, годовая выработка электроэнергии ФЭС установленной мощностью 60 МВт составит порядка 68,7 млн кВт/ч в год [1], по информации ЗАО «Белзарубежстрой» и БЕЛТА [2], на сооружение ФЭС мощностью 109 МВт в Чериковском РЭС сумма инвестиций равна 170 млн.дол, ФЭС мощностью 22 кВт, по данным [3], в течение года выработало 21,1 тыс. кВт·ч, на ФЭС мощностью 3,75 Мвт производственного объединения «Белоруснефть» выработка составила 3,88 млн кВт/ч [4].

На основании приведенных данных составлена табл. 1, согласно которой можно заключить, что удельные затраты (Зуд) на единицу мощности ФЭС, рассчитанные для СЭС4 и принятые одинаковыми для других СЭС в связи с отсутствием информации, составляют величину, соизмеримую с величиной аналогичного показателя для базовых ГРЭС и ТЭЦ и в 3 раза ниже, чем для АЭС. Однако учитывая, что число часов работы ФЭС в течение года намного ниже, чем у ГРЭС, ТЭЦ и АЭС, ее технико-экономические показатели, определяемые с использованием коэффициента загрузки K_z (табл.), хотя и конкуренты с источниками централизованного электроснабжения, однако не во всех случаях.