

- Mechanics, Prediction and Assessment). Padua, Italy, 14–17 June, 2011, pp.467–475.
16. Zhu X., Cui P. and Zhang J. Effects of Debris Flows on Cannel Morphology at Jiangjia Ravine Yunnan Province, China. 5<sup>th</sup> International Conference on Debris-Flow Hazards (Mitigation, Mechanics, Prediction and Assessment). Padua, Italy, 14–17 June, 2011.
17. Chernomorets S.S. Mudflow loci before and after catastrophes. Moscow: Nauchnyi Mir, 2005, p.200.
18. Mirtskhoulava Ts.E. Ecological breakdowns (prediction of risk of breakdown, measures for lowering the hazard), Tbilisi, 1993, 432p.
19. Urbanavicius V. Kaunas's Impact on Hydrodynamics of the Neman River. Alexander Stulginski University. Kaunas, Lithuania, 2013, 54p.
20. Mike 21 Flow Model. Hints and recommendations in applications with significant flooding and drying [interaktyvus] [žiureta 2012–12–10]. Prieiga per internetą: <<http://www.dhigroup.com/upload/dhisoftwarearchive/papersanddocs/hydrodynamics/MIKE21SignificantFlodryGuidelines>.

УДК 338.45:620.9(476)

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗЕЛЁНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

*А. П. Головач, С. В. Монтик*

УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь,  
golovach\_anna@mail.ru

### **Аннотация**

Одним из приоритетных направлений развития «зеленой» экономики в Республике Беларусь является повышение потенциала использования возобновляемых источников энергии, которые оказывают гораздо меньшее влияние на окружающую среду, чем ископаемое топливо. В статье представлен анализ развития использования нетрадиционных источников энергии в национальном топливно-энергетическом комплексе.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, возобновляемая энергетика, энергоэффективность, топливно-энергетический комплекс.

## **PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF GREEN ENERGY IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

*A. P. Golovach, S. V. Montik*

### **Abstract**

One of the priority directions of development of «green» economy in Republic of Belarus is increase in potential of use of renewable energy resources which have much less impact on the environment, than fossil fuel. In article the analysis of development of use of unconventional energy sources in national fuel and energy complex is provided.

**Keywords:** renewable energy resources, renewable power, energy efficiency, fuel and energy complex.

Стратегической целью развития топливно-энергетического комплекса Беларуси является удовлетворение потребностей экономики и населения страны в энергоносителях на основе их максимально эффективного использования при снижении нагрузки на окружающую среду [1]. Уменьшение негативного воздействия энергетического сектора неразрывно связано с потребностью в повышении энергетической безопасности и диверсификации энергоисточников.

Республика Беларусь не обладает собственными запасами углеводородного сырья в должном объеме, 83,5 % потребности нашей страны в энергии удовлетворяется за счет импортируемых энергоресурсов. При этом в структуре поставок ярко выражена доля доминирующего ресурса – природного газа, за счет его импорта из Российской Федерации в 2019 году было обеспечено производство около 97 % всей вырабатываемой в стране электрической энергии (почти 39 млрд кВт-ч) [2].

Максимальное сокращение зависимости от импорта энергоресурсов при одновременном снижении воздействия на окружающую среду является одной из стратегических задач устойчивого развития Беларуси.

Выполнение поставленных целей возможно за счет повышения энергоэффективности национальной экономики и создания инфраструктуры, способствующей увеличению доли местных видов топлива и возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе.

С начала 2000-х годов в Республике Беларусь проводится целенаправленная работа по созданию государственной системы повышения энергоэффективности экономики: разработаны законодательная база, институциональные структуры, соответствующие механизмы государственной поддержки и стимулирования сектора возобновляемой энергетики, система целевых показателей и государственных программ с мониторингом их выполнения.

Установленная мощность генерирующих энергоисточников Республики Беларусь на 1 января 2020 года составляет 10 098,14 МВт [2, 3].

В соответствии с Законом Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» от 27 декабря 2010 г. № 204-3 к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) относится энергия [4]: солнца, ветра, тепла земли, естественного движения водных потоков, древесного топлива, иных видов биомассы, биогаза.

По состоянию на ноябрь 2020 г. по данным кадастра возобновляемых источников энергии (кадастр ВИЭ) [5] в Республике Беларусь действуют:

- 100 фотоэлектрических станций (ФЭС) мощностью 160,87 МВт (крупнейшая - Речицкая ФЭС ПО «Белоруснефть» – 56 МВт);
- 55 гидроэлектростанций (ГЭС) мощностью 98,36 МВт (крупнейшие - Полоцкая (21,6 МВт) и Витебская (40 МВт) ГЭС);

- 108 ветроэнергетических установок (ВЭУ) мощностью 120,31 МВт (крупнейший ветропарк – 6 объединенных ВЭУ РУП «Гродноэнерго» в Новогрудском р-не (9 МВт), наиболее мощная одиночная ВЭУ - установка производства компании Vensys, расположенная в Лиозненском р-не Витебской области и находящаяся в собственности ООО «ВетроВатт» (3,495 МВт));

- 36 установок по использованию биогаза (включая установки по извлечению свалочного газа) мощностью 47,61 МВт (крупнейший комплекс - СПК «Рассвет им. Орловского» - 4,8 МВт);

- 60 установок по использованию энергии биомассы., местных видов топлива (включая 15 мини-ТЭЦ) электрической мощностью 174,26 МВт (крупнейшая установка – Светлогорский ЦКК - 70 МВт).

По данным Департамента по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь [6], электрическая мощность установок ВИЭ на 1 июля 2020 года составила 418 МВт. Фактическая электрогенерирующая мощность установок ВИЭ с 2010 по 2019 годы выросла в восемь раз, с 2017 по 2020 годы - в два раза.

По предварительным оценкам к 2025 году установленная мощность источников генерации электрической энергии на базе ВИЭ может достигнуть 750 МВт [7].

Возобновляемая энергетика в последние годы стала в Беларуси самым быстро развивающимся видом генерации электрической энергии. Так, по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь за последние 10 лет объем использования энергии ветра, солнца, движения водных потоков вырос более чем в 15 раз, котельно-печного топлива – биомассы – в 1,2 раза, биогаза – в 5,3 раза.

В соответствии с Концепцией развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей на период до 2030 года за 2019 год установками по использованию возобновляемых источников энергии всего в Беларуси произведено 892 млн кВт-ч электроэнергии, в том числе установками в составе ГПО «Белэнерго» – 350 млн кВт-ч, а также блок-станциями, находящимися в собственности иных юридических лиц, – 542 млн кВт-ч. С учетом реализации базового сценария прогнозного баланса производства-потребления электрической энергии к 2030 году в Республике Беларусь производство электрической энергии из ВИЭ может вырасти в 2,3 раза и достигнуть 2,1 млрд кВт-ч (включая 405 млн кВт-ч за счет эксплуатации установок, находящихся в собственности ГПО «Белэнерго», и 1 695 млн кВт-ч – генерирующими источниками, находящимися в частной собственности) [9].

Распределение долей различных видов ВИЭ в совокупном объеме производства электрической энергии за счет возобновляемых ресурсов в 2019 году составляло [10]: гидроэнергетика – 34%; биотопливо – 29%; солнечная энергетика – 17%; ветроэнергетика – 17%; отходы – 3%.

Таким образом, за счет преобразования энергии движения водных потоков в республике производится более трети всей «зеленой» электроэнергии. Однако потенциал использования данного возобновляемого ресурса в нашей стране весьма ограничен, суммарная установленная мощность действующих ГЭС

составляет около половины от экономически целесообразной величины или приблизительно 20% от технически доступного потенциала. Учитывая это, а также тот факт, что строительство крупных объектов гидроэнергетики сопряжено со значительными инвестициями и существенным антропогенным воздействием, следует полагать, что доля данного ресурса в энергетическом балансе в будущем вряд ли будет существенно увеличена. В то же время текущая динамика использования возобновляемой энергии солнца, ветра, биомассы и биогаза, а также отсутствие весомых экономических и технических ограничений дает все основания полагать, что развитие сектора ВИЭ будет осуществляться преимущественно в направлении увеличения доли именно данных ресурсов.

Развитие возобновляемой энергетики – один из основных способов минимизации влияния экономики на изменение климата и важный элемент государственной политики страны. Республика Беларусь наряду с 193 государствами одобрила Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 года и выразила решительную поддержку ее реализации путем достижения всех установленных целей устойчивого развития.

Одним из главных шагов, предпринятых Беларусью для достижения целей устойчивого развития, стало утверждение Правительством Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития до 2030 года (НСУР), определившей основные ориентиры, которые предполагается достичь к 2030 году [1]. В области энергетики предполагается, что развитие атомной энергетики, а также ВИЭ приведет к существенным изменениям в топливно-энергетическом балансе, позволит диверсифицировать используемые источники энергии в направлении снижения потребления доминирующего ресурса – природного газа.

Утвержденным в 2017 году стратегическим документом [1] определены следующие ключевые критерии достижения долгосрочной цели развития топливно-энергетического комплекса:

- снижение доли доминирующего вида топлива (природного газа) в валовом потреблении с 61 % в 2015 г. до 52 % в 2030 г.;
- уменьшение доли доминирующего поставщика энергоресурсов (России) в общем импорте топливно-энергетических ресурсов с 99,7 % в 2015 году до 75 % в 2030 г.;
- замещение в топливном балансе 5 млрд м<sup>3</sup> импортируемого природного газа и снижение уровня выбросов парниковых газов на 7–10 млн тонн в год после ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС;
- повышение уровня энергетической самостоятельности страны (увеличение отношения объема производства первичной энергии к валовому потреблению) с 13,9 % в 2015 году до 18 % в 2030 году.

В период с 2010 по 2019 год объем производства первичной энергии из ВИЭ по отношению к объему валового потребления топливно-энергетических ресурсов вырос в 1,3 раза. При этом доля ВИЭ в общем объеме производства электрической энергии за рассматриваемый период, увеличившись в 6,8 раз,

составила на конец 2019 года все еще незначительные 2,47 % (в то время как доля ВИЭ в производстве тепловой энергии в 4 раза выше – 10,6 %).

Однако устанавливаемый национальный показатель в части использования ВИЭ не является прогрессивным в сравнении с соседними странами, обусловлен природными возможностями региона, а также текущим уровнем развития межгосударственных электрических связей и систем балансирования/резервирования. Для примера, к 2030 году в Украине планируется достижение доли ВИЭ в 17% против 8% в Республике Беларусь, а в России уже на сегодняшний день доля ВИЭ почти в 18% обеспечивается за счет эксплуатации крупных ГЭС. В то же время в Европейском Союзе Директивой (EU) 2018/2001 Европейского парламента и Совета от 11 декабря 2018 года по поддержке использования энергии от возобновляемых источников энергии установлена глобальная цель по достижению к 2030 году доли ВИЭ на уровне 32 % [11].

Согласно специальному докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) к 2050 году в мире прогнозируется значительное увеличение доли источников энергии с низким уровнем выбросов, предполагается, что к этому времени возобновляемые источники будут производить 70–85 % электроэнергии [12].

Успешному развитию использования ВИЭ в Республике Беларусь также способствует процесс совершенствования ряда ключевых нормативных правовых актов, принимаемых в данной области.

В 2015 году Указом Президента Республики Беларусь от 18.05.2015 № 209 «Об использовании возобновляемых источников энергии» был введен механизм регулирования в виде распределения квот на создание установок по использованию ВИЭ.

Документом устанавливалось, что дальнейшее создание новых и модернизация, реконструкция действующих установок по использованию ВИЭ, предназначенных для продажи вырабатываемой электрической энергии в общую сеть государственных энергоснабжающих организаций, должно осуществляться в пределах квот (для целей Указа под квотами понималась суммарная электрическая мощность установок по использованию ВИЭ, создаваемых в Республике Беларусь, которая устанавливается по видам ВИЭ на определенный период времени) [13].

Размер квот устанавливается межведомственной комиссией в объемах, необходимых для обеспечения выполнения прогнозных индикаторов энергетической безопасности Республики Беларусь, на каждые три последующих календарных года и, при необходимости, ежегодно корректируется. Распределение квот осуществляется на основе результатов оценки предложений претендентов (заявок) с учетом критериев оценки выбора. Основными критериями отбора претендентов на создание установок по использованию ВИЭ выступают: минимальные повышающие коэффициенты к тарифам на продажу электроэнергии, максимальный срок эксплуатации установки по использованию ВИЭ и возможность участия в суточном графике регулирования выдачи мощности. Критерии отбора победителей на право

создания установок по использованию ВИЭ предназначены для выбора наилучших технических предложений, включая наибольшие производственные показатели, а также с целью определения наиболее экономически совершенных установок.

Также Указом № 209 определялся принцип дифференцирования размеров коэффициентов, применяемых при установлении в соответствии с законодательством тарифов на электрическую энергию, произведенную из возобновляемых источников энергии и приобретаемую государственными энергоснабжающими организациями, по виду ВИЭ, электрической мощности, фактическому сроку службы оборудования, а также иным параметрам. Повышающие (стимулирующие) коэффициенты к тарифу подлежат установке на срок 10 лет с момента ввода оборудования в эксплуатацию в целях обеспечения его окупаемости. Стимулирующие коэффициенты на последующие 10 лет после ввода в эксплуатацию – с целью гарантированного приобретения энергии, производимой из ВИЭ, государственными энергоснабжающими организациями по ценам, обеспечивающим в течение этого времени рентабельную работу установок.

Следующим важным шагом в регулировании сферы возобновляемой энергетики стало принятие Указа Президента Республики Беларусь от 24.09.2019 № 357 «О возобновляемых источниках энергии» с последующей отменой Указа № 209. В новом НПА при сохранении механизма квот была установлена необходимость использования оборудования, ранее не находившегося в эксплуатации для объектов ВИЭ, создаваемых в пределах квот, распределенных после 1 ноября 2019 г. [14]. Введение данной нормы вызвано стремлением к предотвращению широкомасштабного использования в энергетическом комплексе Республики Беларусь оборудования ранее бывшего в эксплуатации и выработавшего свой ресурс. Создание объектов ВИЭ, присоединяемых к Белорусской энергетической системе, должно осуществляться с использованием нового оборудования, обладающего сроком службы не менее 20 лет и отвечающего современным требованиям энергетической эффективности и безопасности.

В ряде стран Западной Европы на законодательном уровне также установлена ответственность производителей энергии из ВИЭ за использование и утилизацию оборудования после его выхода из строя, прекращения эксплуатации. Вполне вероятно, данная норма со временем также будет принята и в Беларуси в связи с дальнейшим планомерным увеличением количества установок по использованию ВИЭ.

Кроме того, в Указе № 357 закреплено требование участия установок, созданных в пределах квот, распределенных с ноября 2019 года, установленной электрической мощностью от 1 МВт и более в регулировании суточного графика покрытия электрической нагрузки белорусской энергосистемы в связи с вводом в эксплуатацию Белорусской АЭС, что отражает тенденции все большей интеграции объектов возобновляемой энергетики в энергетический комплекс страны.

В то время, как создание установок по использованию ВИЭ с целью отпуска вырабатываемой электрической энергии в общую сеть энергоснабжающих организаций ГПО «Белэнерго», было принято осуществлять с применением механизма распределения квот, для строительства объектов возобновляемой энергетики, предназначенных для энергообеспечения собственной хозяйственной деятельности, сохранилось исключение подобных ограничительных механизмов, а электроэнергия, производимая такими установками сверх необходимых объемов согласно законодательству по прежнему может беспрепятственно отпускаться в сеть энергоснабжающих организаций ГПО «Белэнерго»: «при эксплуатации юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями установок, созданных вне квот, исключительно в целях энергетического обеспечения своей хозяйственной деятельности приобретение электрической энергии, произведенной сверх объемов, необходимых для указанных целей, осуществляется с применением коэффициентов, стимулирующих использование ВИЭ» [14].

Предполагается, что в ближайшем будущем именно создание объектов ВИЭ для обеспечения собственной хозяйственной деятельности предприятий будет основным направлением развития возобновляемой энергетики. Значительное увеличение генерирующих мощностей, подключаемых к общей электрической сети Белорусской энергетической системы, станет возможным только при условии существенного увеличения потребления электроэнергии в ключевых отраслях промышленности и населением страны. Добавить актуальности направлению использования возобновляемых источников энергии сможет также перспектива создания полноценного электроэнергетического рынка.

В числе факторов, сдерживающих масштабное развитие в энергосистеме страны таких распространенных переменных видов ВИЭ, как энергия солнца и ветра, следует выделить необходимость постоянного резервирования мощности и поддержания частоты тока в системе (как правило за счет использования традиционных источников) ввиду невозможности точного прогнозирования и регулирования количества вырабатываемой данными установками электроэнергии (в связи с непостоянством первичных источников энергии – естественного солнечного излучения, скорости и направления ветра). Однако, в будущем данная проблема будет решаться по мере развития энергоаккумулирующих технологий, методик прогнозирования и систем «умных» сетей. В свою очередь, также стоит учитывать и постоянное развитие технологий первичного преобразования энергии из возобновляемых источников. Например, стартовая скорость ветра для выработки энергии современными ветроэнергетическими установками уже составляет 2–3 м/с.

Резюмирующим фактом является следующее: за последние годы в Республике Беларусь накоплен значительный опыт создания и эксплуатации объектов возобновляемой энергетики, потенциал для дальнейшего развития ВИЭ в нашей стране огромен, однако его раскрытие в будущем будет осуществляться последовательно и гармонично, с учетом как современных зарубежных тенденций и практик, так и местных условий, и особенностей национального топливно-энергетического комплекса.

### Список цитированных источников

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategijaustojchivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-Respu-bliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf>. – Дата доступа : 27.08.2021.
2. Энергетический баланс Республики Беларусь [Электронный ресурс] : Статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2020 / – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/484/484d69a59d489C53b25079a3c088e5c6.pdf>. – Дата доступа : 27.08.2021.
3. Основные показатели ГПО «Белэнерго» [Электронный ресурс] // Государственное производственное объединение электроэнергетики «Белэнерго». – Режим доступа : <http://www.energo.by/content/deyatelnost-obedineniya/osnovnye-pokazateli>. – Дата доступа : 05.08.2020.
4. О возобновляемых источниках энергии [Электронный ресурс] : Закон Республики Беларусь 27 дек. 2010 г., № 204-3 : в ред. от 29.01.2018 // АПС «БизнесИнфо» : Беларусь / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2020.
5. Государственный кадастр возобновляемых источников энергии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Режим доступа : [http://minpriroda.gov.by/ru/new\\_url\\_19948904-ru](http://minpriroda.gov.by/ru/new_url_19948904-ru). – Дата доступа : 27.08.2021.
6. В Беларуси растет использование «зеленой» электроэнергии [Электронный ресурс] // Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь. – Режим доступа : [http://energoeffekt.gov.by/news/news\\_2020/20200813\\_news1](http://energoeffekt.gov.by/news/news_2020/20200813_news1). – Дата доступа : 27.08.2021.
7. Мощность установок ВИЭ в Беларуси к 2025 году увеличится в 1,5 раза [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://minenergo.gov.by/moshhnost-ustanovok-vije-v-belarusi-k-2025-goduvelichitsja-v-1-5-raza>. – Дата доступа : 27.08.2021.
8. Возобновляемая энергетика ГПО «Белэнерго» [Электронный ресурс] // Государственное производственное объединение электроэнергетики «Белэнерго». – Режим доступа : <http://www.energo.by/content/investoram/vozobnovlyaemaya-energetika>. – Дата доступа : 05.08.2020.
9. Концепция развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей на период до 2030 года [Электронный ресурс] : постановление Министерства энергетики Республики Беларусь от 25.02.2020 № 7 // АПС «БизнесИнфо»: Беларусь. / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2020.

10. Международное энергетическое агентство [Электронный ресурс] / Режим доступа : <https://www.iea.org/>. – Дата доступа : 27.08.2021.
11. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources [Electronic resource] / Mode of access: [/https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001). - Date of access: 27.08.2021.
12. Изменение климата : Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р. К. Пачаури и Л. А. Мейер (ред.)] – МГЭИК, Женева. – 2014. – 163 с.
13. Об использовании возобновляемых источников энергии : Указ Президента Республики Беларусь, 18 мая 2015 г., № 209 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2015. – 1/15808.
14. О возобновляемых источниках энергии : Указ Президента Республики Беларусь, 24 сентября 2019 г., № 357 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2019. – 1/12080.

УДК 504.37

**УНИВЕРСИТЕТСКОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ –  
ВАЖНЕЙШИЙ АСПЕКТ НА ПУТИ ПЕРЕХОДА К  
«ЗЕЛЁНОЙ» ЭКОНОМИКЕ**  
*А. П. Головач, С. В. Монтик*

УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь,  
[golovach\\_anna@mail.ru](mailto:golovach_anna@mail.ru)

**Аннотация**

Дальнейшее улучшение благосостояния общества связано с экологизацией всех форм жизнедеятельности в целях устойчивого развития. В контексте устойчивости большое распространение получила новая модель экономики, связанная с учетом экологических факторов: «зелёная» экономика. В статье на примере Брестского государственного технического университета освещены основные аспекты современного экологического образования в интересах устойчивого развития Беларуси через переход к «зеленой» экономике.

**Ключевые слова:** «зеленая» экономика, устойчивое развитие, охрана окружающей среды, природопользование, энергоэффективность.

**UNIVERSITY ECOLOGICAL EDUCATION – THE MOST IMPORTANT  
ASPECT ON THE WAY OF TRANSITION TO GREEN ECONOMY**

*A. P. Golovach, S. V. Montik*

**Abstract**

Further improvement of welfare of society is connected with greening of all forms of activity for sustainable development. In the context of stability big distribution was gained by the new model of economy connected taking into account ecological factors: «green» economy. The main aspects of modern ecological education for the