

**Т. Г. ЗОРИНА,
С. А. АЛЕКСАНДРОВИЧ,
Ю. Л. ТРУХАН**

ПРОГНОЗ СТРУКТУРЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МОЩНОСТЕЙ С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Задачей данной статьи является разработка комплексного подхода к прогнозированию развития электротранспорта в стране, предусматривающего необходимость учета возможностей и особенностей функционирования электроэнергетического комплекса. Для решения данной задачи проведены кабинетные исследования научной, нормативно-правовой и другой литературы. Для прогнозирования структуры энергопроизводства в программе MESSAGE были выбраны три сценария развития энергосистемы на период 2022—2050 гг. Проведенный анализ используемых в мировой практике мер и подходов по стимулированию развития электротранспорта показал, что основными инструментами в этом направлении являются финансовые, инфраструктурные, экологические и информационные мероприятия и политические меры. По результатам оценки готовности внешней среды сформулированы требования, реализация которых необходима для масштабного роста электротранспорта в Республике Беларусь. Для прогнозирования потребности в электроэнергии на работу электротранспорта представлены два сценария развития электромобилей и электробусов в Республике Беларусь до 2030 г. — оптимистичный и пессимистичный. Разработаны рекомендации по совершенствованию зарядной инфраструктуры и привлечению электрозарядных станций к регулированию нагрузки белорусской энергосистемы, а также по стимулированию развития электротранспорта в Республике Беларусь.

Ключевые слова: электротранспорт; возобновляемые источники энергии; энергосистема Республики Беларусь; прогнозирование; сценарии развития энергосистемы.

УДК 620.92

Введение. Производство и использование электротранспорта выступают современными трендами, способствующими повышению эффективности использования ресурсов, более широкому внедрению чистых и экологически безопасных технологий.

С одной стороны, масштабное внедрение электротранспорта будет способствовать расширению использования возобновляемых источников энергии, улучшению экологической ситуации в крупных городах, позволит перераспределить нагрузку в электрических сетях с пиковых часов на ночные и дневные «провалы», что в конечном счете благотворно скажется на всей энергосистеме, позволит снизить себестоимость электроэнергии и повысить надежность сетей.

Татьяна Геннадьевна ЗОРИНА (tanyazorina@tut.by), доктор экономических наук, профессор, зав. сектором «Экономика энергетики» Республиканского научно-производственного унитарного предприятия «Институт энергетики Национальной академии наук Беларуси» (г. Минск, Беларусь);

Сергей Александрович АЛЕКСАНДРОВИЧ (serje.alex@gmail.com), ст. научный сотрудник лаборатории «Энергобезопасность» Республиканского научно-производственного унитарного предприятия «Институт энергетики Национальной академии наук Беларуси» (г. Минск, Беларусь);

Юлия Леонардовна ТРУХАН (julianamik@mail.ru), кандидат экономических наук, доцент кафедры логистики и ценовой политики Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).

С другой стороны, в случае массового перехода на электрический транспорт возрастет нагрузка на всю энергосистему (на системы генерации, транспорта и распределения электроэнергии). Неконтролируемая и одновременная зарядка электромобилей может значительно увеличить пиковую нагрузку электросетей. В результате создаются ограничения для роста доли солнечных и ветряных электростанций в энергобалансе, а также необходимость дополнительных инвестиций в инфраструктуру электросетей. И в отсутствие необходимого регулирования данного процесса (например, введение интеллектуальной интеграции электромобилей в существующую энергосистему как децентрализованной и гибкой системы хранения энергии) переход на электротранспорт может оказать сильное влияние на экономику.

Актуальной задачей является разработка комплексного подхода к прогнозированию развития электротранспорта в стране, предусматривающего необходимость учета возможностей и особенностей функционирования электроэнергетического комплекса, а также влияния развития электротранспорта и зарядной инфраструктуры на показатели функционирования энергосистемы.

Основная часть. Для прогнозирования структуры энергопроизводства в программе MESSAGE были выбраны три сценария развития энергосистемы на период 2022–2050 гг.:

1) сценарий 1, базирующийся на текущих тенденциях потребления электроэнергии [1];

2) сценарий 2, базирующийся на текущих тенденциях потребления электроэнергии с учетом ежегодного прогнозного увеличения потребления электроэнергии электротранспортом до 2030 г., заложенного в пессимистичном сценарии развития электротранспорта в Республике Беларусь (табл. 1);

3) сценарий 3, базирующийся на текущих тенденциях потребления электроэнергии с учетом ежегодного прогнозного увеличения потребления электроэнергии электротранспортом до 2030 г., заложенного в оптимистичном сценарии развития электротранспорта в Республике Беларусь (табл. 1).

Таблица 1. Прогноз потребления электроэнергии электротранспортом в Республике Беларусь до 2030 г., млн. кВт·ч

Показатель	Год											
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<i>Оптимистичный сценарий</i>												
Легковые	2,88	7,68	24	43,2	100,8	201,6	432	598,75	835,68	1 111,34	1425,74	1 778,88
Электробусы	6	7,5	124,5	142,5	159,75	177	195	213	249	285	321	358,5
Всего	8,88	15,18	148,5	185,7	260,55	378,6	627	811,75	1 084,68	1 396,34	1 746,74	2 137,38
<i>Пессимистичный сценарий</i>												
Легковые	2,88	7,68	17,28	31,68	38,4	48	57,6	64,8	73,54	82,27	91,06	99,79
Электробусы	6	7,5	21	44,25	60	70,5	89,25	102	116,25	131,25	146,25	161,25
Всего	8,88	15,18	38,28	75,93	98,4	118,5	146,85	166,8	189,79	213,52	237,31	261,04

Исходные данные для *первого сценария* получены путем экстраполяции существующей тенденции производства электроэнергии в Республике Беларусь в последнее десятилетие на период до 2050 г. [1]. На рис. 1 представлены динамика фактической выработки электроэнергии в 2014–2020 гг. и ее прогноз на период 2022–2050 гг.

Согласно данному сценарию, доля атомной электростанции (АЭС) в выработке электроэнергии к 2050 г. составит 63,3 % при доле установленной мощности только 38,4 %, в то время как доля блок-станций в выработке будет равна 14,8 %, а доля установленной мощности — 28,7 %. Доля теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) в установленной мощности снижается с 36,5 % в 2022 г. до 11,8 % в 2050 г. и имеет наиболее близкие значения к доле источников в выработке

электрической энергии, что, как было описано выше, объясняется задачами теплоснабжения. Доля установленной мощности конденсационной электростанции (КЭС) изменяется с 30,0 % в начале прогнозируемого периода до 17,0 % в его конце. Доля установленной мощности возобновляемых источников энергии (ВИЭ) изменяется от 5,2 % в 2022 г. до 7,6 % в 2034 г. и далее начинает падать до значений 4,1–4,2 % в конце периода прогнозирования.

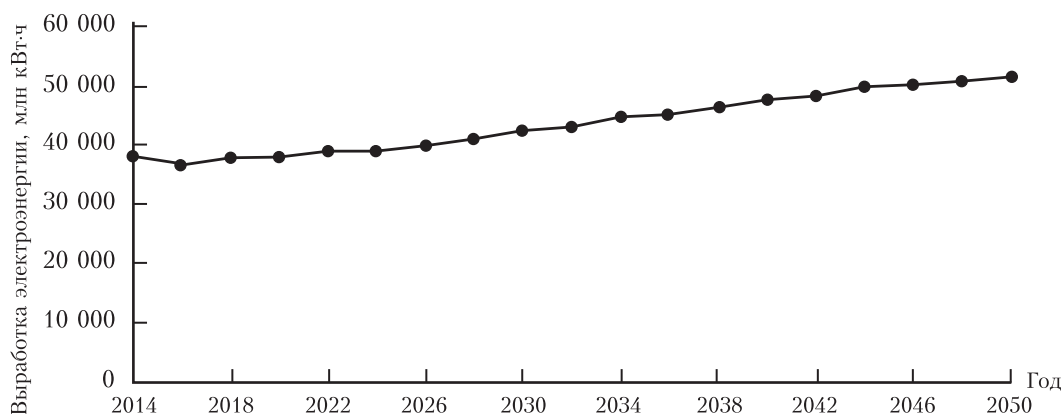


Рис. 1. Выработка электроэнергии, млн кВт·ч, сценарий 1

В основу *второго сценария* положен прогноз увеличения потребления электроэнергии электротранспортом до 2030 г., заложенный в пессимистичном сценарии развития электротранспорта в Республике Беларусь, а также прогнозные данные по производству и потреблению электроэнергии, полученные путем экстраполяции существующей тенденции производства электроэнергии в Республике Беларусь в последнее десятилетие на период до 2050 г. [1]. На рис. 2 представлены динамика фактической выработки электроэнергии в 2014–2020 гг. и ее прогноз на период 2022–2050 гг.

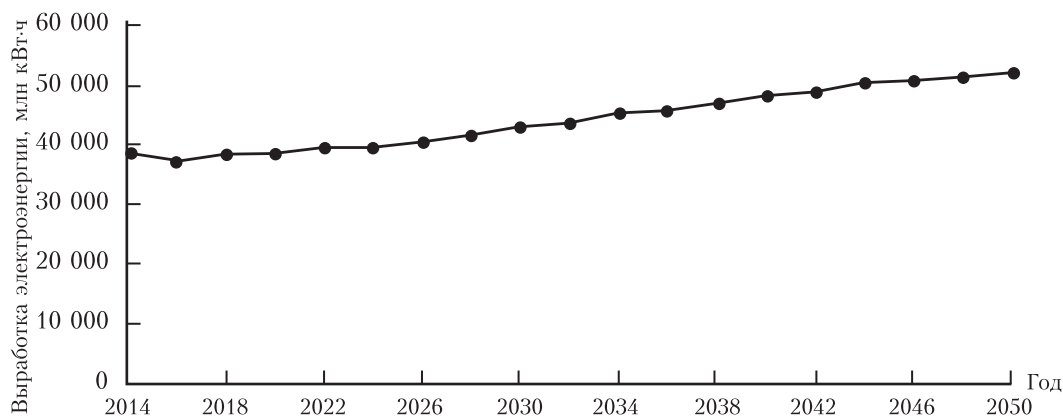


Рис. 2. Выработка электроэнергии, млн кВт·ч, сценарий 2

Согласно второму сценарию доля установленной АЭС мощности к 2050 г. составит 38,4 %, в то время как доля в производстве энергии — 63,3 %, что говорит о малой загруженности прочих энергоблоков, работающих на горючем топливе. Доля блок-станций в установленной мощности постоянно увеличивается и к концу рассматриваемого периода составит 28,7 %. Так как новые блоки КЭС и ТЭЦ в прогнозируемом периоде не вводятся, их доля в установленной мощности снижается. Доля ТЭЦ в установленной мощности снижается с 36,5 % в 2022 г. до 11,8 % в 2050 г. и имеет наиболее близкие значения к доле источни-

ков в выработке электрической энергии, аналогично с первым сценарием. Как и в первом сценарии, доля установленной мощности КЭС изменяется с 30,0 % в начале прогнозируемого периода до 17,0 % в его конце. Доля установленной мощности ВИЭ изменяется от 5,2 % в 2022 г. до 6,9 % в 2030 г. и далее начинает падать до значений 4,2 % в конце периода прогнозирования.

В основу *третьего сценария* положен прогноз увеличения потребления электроэнергии электротранспортом до 2030 г., заложенный в оптимистичном сценарии развития электротранспорта в Республике Беларусь, а также прогнозные данные по производству и потреблению электроэнергии, полученные путем экстраполяции существующей тенденции производства электроэнергии в Республике Беларусь в последнее десятилетие на период до 2050 г. [1]. На рис. 3 представлены динамика фактической выработки электроэнергии в 2014–2020 гг. и ее прогноз на период 2022–2050 гг.

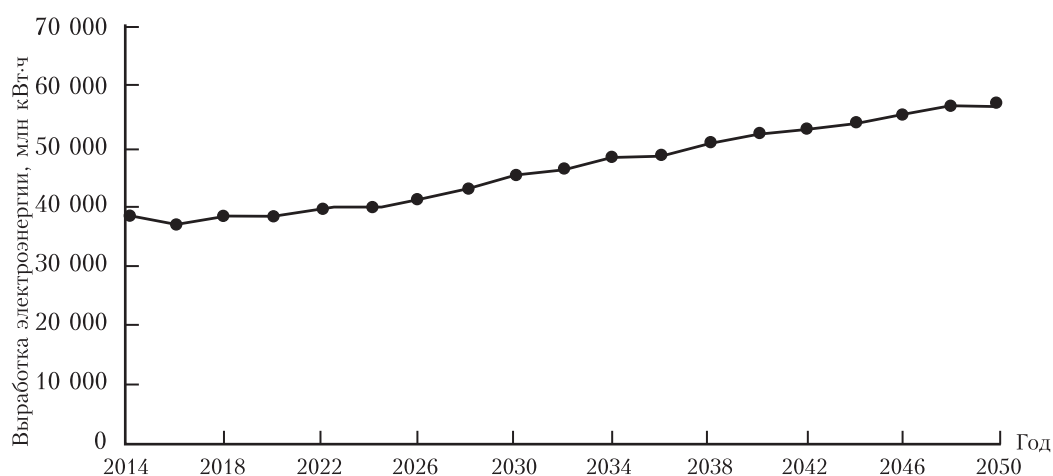


Рис. 3. Выработка электроэнергии, млн кВт·ч, сценарий 3

Доля установленной АЭС мощности к 2050 г. при развитии по данному сценарию составит 38,4 %, что является аналогичным показателем среди рассматриваемых ранее сценариев. Доля блок-станций в установленной мощности постоянно увеличивается и к концу рассматриваемого периода составит 28,7 %. Этот показатель соизмерим с показателями в предыдущих сценариях, при этом обратно пропорциональная зависимость установленной мощности и выработки электроэнергии сохраняется. Доля КЭС и ТЭЦ в установленной мощности снижается, как и во всех рассмотренных ранее случаях. С 2022 до 2050 г. доля КЭС снизится почти вдвое: с 30,0 % до 17,0 %, а доля ТЭЦ втрое: с 36,5 % до 11,8 % [2].

В 2019 г. количество легковых электромобилей (включая гибридные) в мире увеличилось на 40 % и достигло 7,2 млн единиц [3]. В последнее десятилетие ежегодный прирост количества электромобилей превышал 50 %. В дальнейшем рынок будет расти по мере падения цен на батареи и повышения «удельной плотности энергии», развития инфраструктуры для зарядки и распространения продаж на новые регионы.

Рынок электромобилей в Республике Беларусь находится в стадии формирования. Спрос на персональный электротранспорт удовлетворяется за счет импорта. В Республике Беларусь зарегистрировано 3,1 млн легковых автомобилей, в том числе более 1 600 электромобилей (удельный вес — 0,05 %), в России — 44,5 млн легковых автомобилей, в том числе порядка 8 000 электромобилей (0,02 %).

На внутреннем рынке коммунального электротранспорта существует устойчивый спрос, пятилетняя величина которого оценивается на уровне 2 500 единиц троллейбусов и электробусов. Наибольший удельный вес по развитию общественного электротранспорта приходится на г. Минск (29 % всех вводимых электробусов, 79 % — троллейбусов с автономным ходом). Выпуск отечественного пассажирского электротранспорта на территории Республики Беларусь осуществляется Минским автомобильным заводом (МАЗ).

Проведенный анализ существующих мер и подходов по стимулированию развития электротранспорта, используемых в мировой практике, показал, что основными инструментами по стимулированию развития электротранспорта являются финансовые, инфраструктурные, экологические и информационные мероприятия и политические меры.

По результатам оценки готовности и анализа внешней среды для масштабного развития электротранспорта в Беларуси в целях дальнейшего его развития в республике необходимо:

- увеличение расходов на исследования и разработки в области электротранспорта для создания производств, соответствующих V и VI технологическим укладам;

- привлечение дополнительных иностранных и частных инвестиций для реализации мероприятий Комплексной программы развития электротранспорта на 2021 — 2025 годы;

- дальнейшее стимулирование развития электротранспорта путем создания материальных стимулов для его владельцев;

- развитие полного цикла производства отечественных электромобилей, аккумуляторов и устройств быстрой зарядки.

Для прогнозирования потребности в электроэнергии на работу электротранспорта разработаны два сценария развития электромобилей и электробусов в Республике Беларусь до 2030 г. — оптимистичный и пессимистичный.

В соответствии с представленными сценариями количество электромобилей в Беларуси к 2030 г. составит:

- оптимистичный сценарий — 375,37 тыс. шт., в том числе 370,60 тыс. шт. легковых электромобилей и 4,78 тыс. шт. электробусов;

- пессимистичный сценарий — 22,94 тыс. шт., в том числе 20,79 тыс. шт. легковых электромобилей и 2,15 тыс. шт. электробусов.

Прогноз потребления электроэнергии электротранспортом в Республике Беларусь до 2030 г. определен на основании прогноза развития электромобилей, а также данных производителей электротранспортных средств по усредненному удельному электропотреблению электротранспортом при значении годового пробега электромобилями и электробусами 15 тыс. км/год и 75 тыс. км/год соответственно.

Согласно оптимистичному сценарию развития электромобилей потребление электроэнергии в 2030 г. составит 2 137,38 млн кВт·ч, в том числе 1 778,88 млн кВт·ч легковыми электромобилями и 358,5 млн кВт·ч электробусами.

При развитии электромобилей по пессимистичному сценарию потребление электроэнергии в 2030 г. составит 261,04 млн кВт·ч, в том числе 99,79 млн кВт·ч легковыми электромобилями и 161,25 млн кВт·ч электробусами.

Полный переход на электромобили обеспечит потребление электроэнергии на уровне 14 млрд кВт·ч при выработке Белорусской АЭС — 18 млрд кВт·ч в год.

Для оценки влияния развития электротранспорта на график нагрузки энергосистемы разработаны три сценария:

- при условии сохранения формы суточного графика потребления электроэнергии действующих в Республике Беларусь электрозаправочных станций

(ЭЭС) развитие электротранспорта на период до 2035 г. не будет способствовать выравниванию графика нагрузки, а наоборот ухудшит его характеристики, так как основное потребление электроэнергии ЭЭС приходится на период максимальных нагрузок энергосистемы, а в период минимальных нагрузок (ночное время) наблюдается минимальное потребление электроэнергии зарядными станциями;

при условии, что медленные зарядки будут работать в базовом режиме с неизменной по времени нагрузкой, быстрые и супербыстрые зарядки — с переменной нагрузкой в зависимости от времени суток с учетом показателей (согласно информации РУП «ПО «Белоруснефть») по потребляемой ЭЭС электроэнергии в период максимальных и минимальных нагрузок, развитие электротранспорта на период до 2035 г. не будет способствовать выравниванию графика нагрузки, а наоборот ухудшит его характеристики, несмотря на более высокий коэффициент неравномерности графика потребления, чем в первом сценарии, так как основное потребление электроэнергии ЭЭС приходится на период максимальных нагрузок энергосистемы, а в период минимальных нагрузок (ночное время) наблюдается минимальное потребление электроэнергии зарядными станциями;

внедрение дифференцированного тарифа на электроэнергию для целей зарядки электромобилей будет способствовать выравниванию графика потребления электроэнергии ЭЭС, а следовательно, и выравниванию графика нагрузки энергосистемы, так как значительная часть потребления будет перераспределена с дневного и вечернего времени (периода максимальных нагрузок) на ночное время суток (период минимальных нагрузок).

К ключевым направлениям развития государственной политики, направленной на стимулирование развития производства и использования электротранспорта на территории Республики Беларусь, следует отнести:

совершенствование законодательства Республики Беларусь и нормативно-правовой базы, снятие регуляторных барьеров:

- установление порядка проектирования помещений парковочных пространств для электротранспортных средств, включая определение минимальной доли мест для электротранспортных средств на парковках и автостоянках;
- внесение изменений в существующие требования по обязательному оснащению автозаправочных комплексов зарядными станциями для электротранспортных средств (дополнение технических требований к новым или реконструируемым автозаправочным комплексам в части их оборудования зарядными станциями);

стимулирование развития зарядной инфраструктуры:

- разработка механизма софинансирования части затрат на создание зарядной инфраструктуры;

стимулирование спроса на отечественные электротранспортные средства;

производство отечественных тяговых аккумуляторных батарей и компонентов к ним;

производство и локализация электротранспортных средств;

создание испытательной базы для проведения сертификационных и доводочных работ при проектировании автомобилей с низким углеродным следом.

Заключение. На сегодняшний день в Республике Беларусь имеется огромный потенциал для развития инфраструктуры электротранспорта, что позволит значительно улучшить экологическую ситуацию, сформировать мощный импульс для создания новых высокотехнологичных производств в промышленности. Основными инструментами по стимулированию развития электротранспорта являются финансовые, инфраструктурные, экологические

и информационные мероприятия и политические меры. На основании проведенного анализа разработаны рекомендации по развитию зарядной инфраструктуры и привлечению электрозарядных станций к регулированию нагрузки белорусской энергосистемы, а также рекомендации по стимулированию развития электротранспорта в Республике Беларусь.

Литература и электронные публикации в Интернете

1. Энергетический баланс Республике Беларусь, 2021 [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/7cc/7cc964224dad43b1c5783ec065e03ae1.pdf/>. — Дата доступа: 18.04.2023.
2. Концепция развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей на период до 2030 года [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.energo.by/content/infocenter/news/o-kontseptsii-razvitiya-elektrogeneriruyushchikh-moshchnostey-i-elektricheskikh-setey-na-period-do-2__11541/. — Дата доступа: 18.04.2023.
3. IEA (2021), Global EV Outlook 2021, IEA, Paris [Electronic resource] // Международное энергетическое агентство. — Mode of access: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>. — Date of access: 18.04.2023.

**TATSIANA ZORYNA,
SIARHEI ALIAKSANDROVICH,
JULIA TRUKHAN**

FORECAST OF THE ENERGY CAPACITY TAKING INTO ACCOUNT THE DEVELOPMENT OF ELECTRIC TRANSPORT IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Authors affiliation. *Tatsiana ZORYNA (tanyazorina@tut.by), Republican Research and Production Unitary Enterprise «Institute of Power Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus»; Siarhei ALIAKSANDROVICH (serje.alex@gmail.com), Republican Research and Production Unitary Enterprise «Institute of Power Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus»; Julia TRUKHAN (juliannamik@mail.ru), Belarus State Economic University (Minsk, Belarus).*

Abstract. The objective of this article is to develop an integrated approach to forecasting the development of electric transport in the country, which provides for the need to take into account the opportunities and peculiarities of the functioning of the electric power complex. To solve this problem, desk research of scientific, legal and other literature on the research topic was carried out. To forecast the structure of energy production in the MESSAGE program, three scenarios for the development of the energy system for the period 2022 – 2050 were selected. The analysis of the measures and approaches to stimulate the development of electric transport, applied in the world practice, showed that the main tools to stimulate the development of electric transport are financial, infrastructural, environmental and information activities and political measures. Based on the assessment results of the readiness of the external environment, the requirements were formulated, which when implemented will allow for the large-scale development of electric transport in the Republic of Belarus. To forecast the

need for electric power for the operation of electric transport, two scenarios of the development of electric vehicles and electric buses in the Republic of Belarus until 2030 are presented — an optimistic and pessimistic one. Recommendations have been developed to improve charging infrastructure and involve electric charging stations in regulating the load of the Belarusian energy system, as well as to stimulate the development of electric transport in the Republic of Belarus.

Keywords: electric transport; renewable energy sources; energy system of the Republic of Belarus; forecasting; scenarios for energy system development.

UDC 620.92

*Статья поступила
в редакцию 26. 04. 2023 г.*

В. А. ТРИЛЛЕР

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ГЛОБАЛЬНЫХ РЕЙТИНГАХ ИННОВАЦИЙ

В статье на основе оценки позиционирования Республики Беларусь в международных рейтингах инновационного развития — Глобального индекса инноваций (ГИИ), Европейского инновационного табло и Индекса экономики знаний (ИЭЗ) анализируется прогресс белорусской экономики в области развития инноваций. В результате анализа изменений позиций Республики Беларусь в глобальных рейтингах инноваций в динамике и на основе международных сопоставлений оцениваются сильные и слабые стороны национальной инновационной системы, разработаны отдельные предложения, направленные на ее усовершенствование.

Ключевые слова: инновационное развитие; белорусская экономика; международные рейтинги инноваций; Глобальный индекс инноваций; экономика знаний; Европейское инновационное табло.

УДК 338.001.36

Проблемы, связанные с инновационным развитием национальной экономики, находятся в постоянном центре внимания отечественных и зарубежных исследователей [1—3]. Это связано с увеличивающейся ролью инноваций в обеспечении экономического роста и повышении конкурентоспособности экономики. Оценить прогресс и возможные сдерживающие факторы в формировании инновационно ориентированной экономики можно на основе глобальных рейтингов инноваций, которые дают комплексное представление о месте национальной инновационной системы среди зарубежных государств, позволяют выявлять и анализировать ее отдельные сильные и слабые стороны.

Виолетта Андреевна ТРИЛЛЕР (vilona.t@mail.ru), ассистент кафедры национальной экономики и государственного управления Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).

Веснік Беларускага дзяржаўнага эканамічнага ўніверсітэта