

СОВРЕМЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Для цитирования: Экономика региона. — 2016. — Т. 12, Вып. 1. — С. 251-256
doi 10.17059/2016-1-19
УДК 330.15:330.4

Б. В. Дигас^{а)}, В. Л. Розенберг^{а)}, А. И. Боярских^{б)}

^{а)} Институт математики и механики УрО РАН (Екатеринбург, Российская Федерация)

^{б)} Институт экономики УрО РАН (Екатеринбург, Российская Федерация)

ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОСРЕДСТВОМ НОВОЙ ВЕРСИИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ MERGE Часть 2¹

Одной из наиболее актуальных современных проблем является задача прогнозирования климатических изменений и смягчения их последствий. Официальная точка зрения, отраженная в Климатической доктрине Российской Федерации, состоит в признании необходимости формирования государственного подхода к проблемам климата и смежным вопросам на основе всестороннего научного анализа экологических, экономических и социальных факторов. С этой целью привлекаются комплексные оценочные модели, имеющие междисциплинарный характер. Их функциональность характеризуется возможностью построения и тестирования различных сценариев динамики сложных систем. Основными целями вычислительных экспериментов, описываемых в статье, являются проверка последствий гипотетического участия России в инициативах по снижению выбросов парниковых газов по типу Киотского протокола и апробация в моделировании одной из методик расчета зеленого ВВП, информирующей об эффективности природопользования. Для достижения указанных целей используется оптимизационная модель MERGE, классическая версия которой предназначена для количественного оценивания результатов применения природоохранных стратегий. Компонентами модели являются экономико-энергетический модуль, климатический модуль и модуль оценки вероятных потерь. Основное внимание в работе уделяется адаптации модели MERGE к современному состоянию мировой экономики в условиях сложной геополитической обстановки и введению в модель новой компоненты, реализующей упрощенную методику расчета зеленого ВВП. В качестве базового источника входных данных для анализа возможных траекторий экономического развития России и показателей их экологической эффективности используется Проект сценарных условий и основных макроэкономических параметров прогноза социально-экономического развития России на 2016 г. и плановый период 2017–2018 гг., выполненный Минэкономразвития РФ. Расчеты свидетельствуют о наличии у России резервов для безболезненного участия в природоохранных инициативах, состоящих в неперевышении к 2020–2025 гг. уровня выбросов 1990 г. В то же время задача увеличения экологической эффективности российского ВВП является актуальной и требует безотлагательного решения. Представляется, что результаты моделирования могут быть востребованы компетентными органами, принимающими управленческие решения.

Ключевые слова: комплексные оценочные модели, межвременная оптимизация, сценарии экономического развития, эмиссии парниковых газов, зеленый ВВП

5. Результаты вычислительного эксперимента

Основными целями вычислительного эксперимента, описываемого в данной работе (см.

также [1]), являются анализ возможных траекторий экономического развития России в условиях современной сложной геополитической обстановки, оценка зеленых характеристик ВВП и изучение последствий гипотетического участия страны в инициативах по снижению выбросов парниковых газов (ПГ)

¹ Начало статьи — в «Экономика региона», № 4, 2015.

© Дигас Б. В., Розенберг В. Л., Боярских А. И. Текст. 2016.

типа Киотского протокола¹ при различных предположениях о динамике экономико-энергетических параметров.

Для каждого сценария модель MERGE предусматривает два варианта [2]: вариант *R0*, характеризующийся отсутствием всяких ограничений на выбросы ПП, и вариант *R1*, в котором предполагается, что для достижения целей типа Киото используются только локальные природоохранные меры (без учета торговли квотами на выбросы и прочих механизмов перераспределения квот). Разность ВВП, полученных в этих вариантах, фактически характеризует гипотетические затраты на снижение эмиссий. Экологически скорректированный ВВП (ЭВВП), информирующий об экоэффективности экономического развития, вычисляется по формулам раздела 3 [1]. Приведем результаты модельных расчетов на промежутке от 2013 г. до 2030 г., при этом моментами дискретизации выбираем, ориентируясь на доступность данных, 2013, 2015, 2020, 2025 и 2030 гг.

На основании данных, представленных на рис. 1, заключаем, что во всех рассматриваемых сценариях социально-экономического развития РФ эмиссии CO₂ даже не приближаются на всем промежутке к уровню 1990 г. (так называемый Киото-уровень для России, 0,646 млрд т углеродного эквивалента), достигая максимума (75–80 % от Киото-уровня) в прогнозном сценарии *Opt*, при этом наблюдается некоторое снижение выбросов со временем, которое объясняется, главным образом, запланированным уменьшением энергоемкости ВВП [3].

Расчеты во всех модельных вариантах свидетельствуют о наличии у России резервов для безболезненного участия в природоохранных инициативах типа Киото-протокола, если речь идет о непревышении в 2020 г. уровня выбросов 1990 г. При такой динамике расчет варианта *R1* с обязательным регулированием эмиссий на рассматриваемом временном промежутке 2013–2030 гг. нецелесообразен, поэтому в экспериментах резонно ограничиться вариантом *R0*. В то же время отметим, что уменьшение эмиссий к 2030 г. на 25–30 % от указанного уровня выглядит несколько проблематичным, поскольку модельные выбросы балансируют как раз в этом диапазоне. Полученные результаты согласуются с прогнозами ведущих российских экспертов (см., например [4]).

¹ Annex to UNFCCC. Conference of the Parties (COP). Adoption of the Paris Agreement. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (дата обращения 25.12.2015).

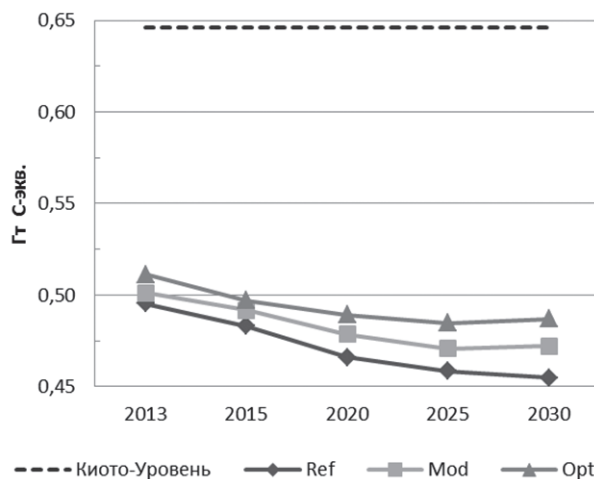


Рис. 1. Эмиссии CO₂ (вариант *R0* для модельных сценариев), млрд т. углеродного эквивалента

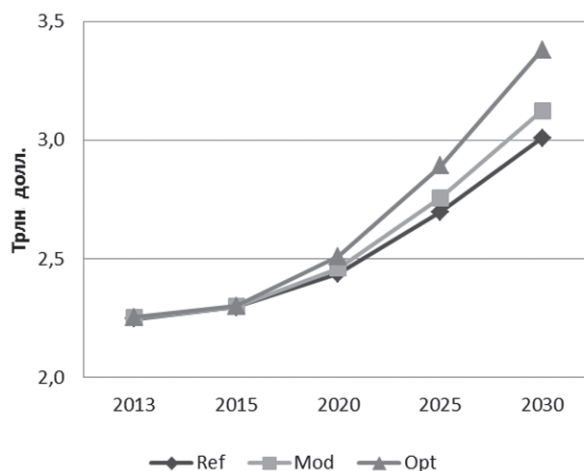


Рис. 2. Реализовавшийся ВВП (трлн долл.)

Рис. 2 информирует, что при модельных предположениях динамика российского ВВП для всех сценариев примерно одинакова на интервалах 2015–2019 гг. (медленный рост) и 2020–2030 гг. (более существенный рост, преодоление последствий кризиса). Отметим, что при расчетах выполняется усреднение входных и выходных параметров по промежутку между соседними узлами временной дискретизации. Поэтому, например, сглаживается падение ВВП России в 2015 г.

Прогнозируемый ВВП в самом прогрессивном сценарии *Opt* ощутимо отрывается (на 10 % к 2030 г.) от ВВП в альтернативных вариантах, которые в большей степени, чем *Opt*, опираются на данные из зарубежных источников². Представляется, что этот факт объясняется, кроме прочего, скептическим отно-

² World Development Indicators 2015, The World Bank, <http://data.worldbank.org/products/wdi> (дата обращения 1.07.2015); International Energy Outlook IEO-2014, U.S. Energy Information Administration (EIA), <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/> (дата обращения 1.07.2015).

шением к перспективам развития российской экономики со стороны западных экспертов. С другой стороны, разность $ВВП_{Opt} - ВВП_{Ref}$ можно трактовать как меру ущерба, который наносит российской экономике реализация микросценариев «низкая цена на нефть», «сланцевый прорыв» и «санкции-да». Таким образом, с точки зрения MERGE, разница в начальных данных в 0,5–1 % изменения ВВП трансформируется в существенное отличие значений ВВП к концу интервала моделирования.

Приведенная на рис. 3 динамика ЭВВП свидетельствует о достаточно большом проценте ВВП (8–10 % в 2015 г.), составляющем, согласно применяемой методике расчетов, экологические потери. Отметим, что наблюдается положительная динамика в смысле уменьшения со временем процентной разницы между ВВП и ЭВВП до 4–6 % в 2030 г. Возможно, такая тенденция объясняется, помимо улучшения энергоэффективности ВВП вследствие внедрения новых технологий, спецификой модели, в которой находятся оптимальные траектории регионального экономического развития. Однако фактически на всем рассматриваемом промежутке для всех сценариев разность ВВП – ЭВВП в процентах от ВВП больше среднегодовых темпов роста ВВП. Таким образом, по модельным расчетам, стоимость деградации окружающей среды в России превышает реальный рост экономики; такой вывод соответствует оценкам Всемирного банка. Дополнительно подчеркнем, что во всех сценариях модельный ЭВВП представляется завышенным (по сравнению с реальным) в силу того, что не учитываются безвозвратные потери нетопливных минеральных ресурсов и некоторые виды загрязнений окружающей среды. По этой причине результат расчета ЭВВП в модели MERGE следует трактовать как оценку сверху регионального зеленого ВВП. Полагая, что фактический зеленый ВВП еще меньше модельного ЭВВП, заключаем, что задача увеличения экологической эффективности российского ВВП, безусловно, является актуальной и требует безотлагательного решения.

Анализируя динамику переменной ИМСР (рис. 4), эмиссий основного ПГ (рис. 1) и значений ЭВВП (рис. 2, 3), делаем вывод о том, что основной негативный вклад в ЭВВП вносит именно безвозвратная потеря минерально-сырьевых ресурсов. Так, по сценарию *Opt*, в 2015 г. модельный ВВП теряет 82 % (от разности ВВП – ЭВВП) за счет ИМСР и 18 % за счет загрязнения окружающей среды. С точки зрения расчета ЭВВП, преимущественно сырьевой

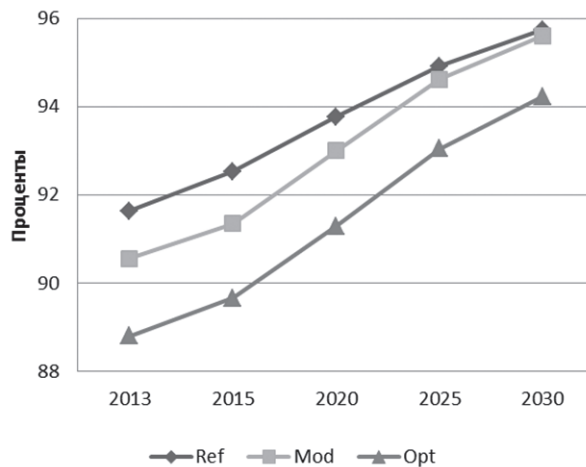


Рис. 3. Доля модельного ЭВВП в ВВП (%)

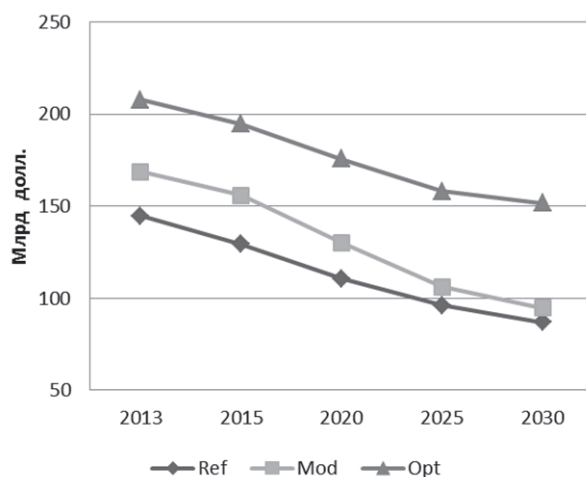


Рис. 4. Истощение минерально-сырьевых ресурсов (ИМСР) (млрд долл.)

характер российской экономики более вреден, чем загрязнение окружающей среды.

Далее рассмотрим временную динамику российского экспорта ископаемого топлива для сценариев *Ref* и *Opt* (рис. 5). В обоих сценариях с некоторого момента наблюдается стабильное увеличение экспорта газа, что вызвано заложенным в модель прогнозируемым ростом спроса на газ со стороны крупнейших импортеров топлива. Однако при реализации опции «сланцевый прорыв» (*Ref*) спрос на российский газ существенно ниже. Кроме того, объем экспорта очевидным образом зависит от наличия (*Ref*) или отсутствия (*Opt*) торговых ограничений. Возможность полной переориентации России на другие сырьевые рынки на данном этапе не предусмотрена. В результате по сценарию *Opt* природного газа экспортируется в 2–4 раза больше, чем по сценарию *Ref*. Динамика экспорта других видов топлива не так чувствительна к указанным микросценариям. Экспорт нефти имеет тенденцию к постепенному снижению по причине прогнози-

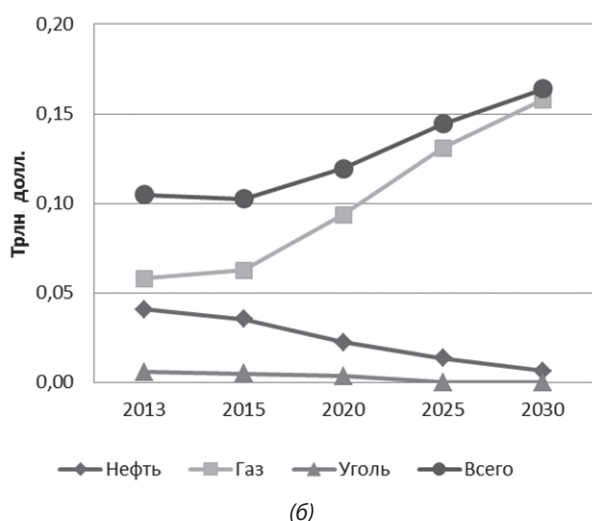
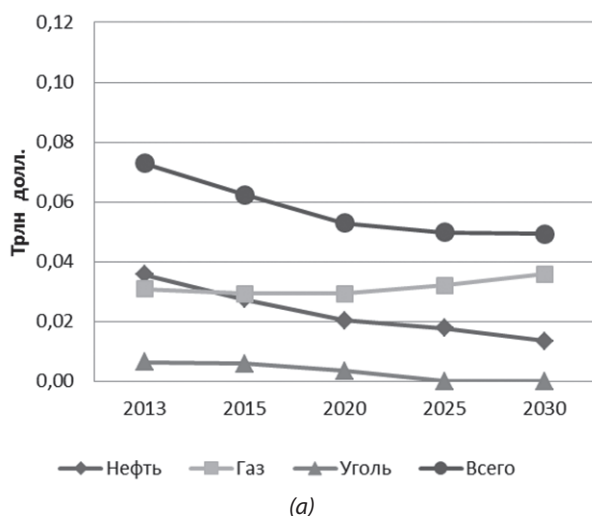


Рис. 5. Российский экспорт ископаемого топлива, сценарии Ref (а) и Opt (б) (в трлн долл.)

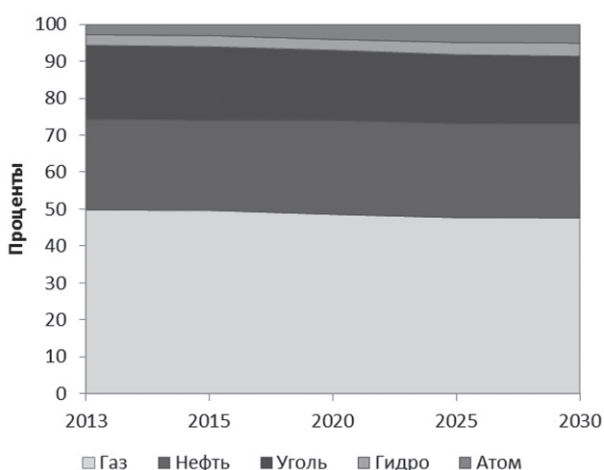


Рис. 6. Структура источников первичной энергии в процентах от их суммы; сценарий Opt

руемого истощения запасов и выхода на доминирующие позиции других экспортеров. Согласно результатам моделирования, к 2025 г. российский экспорт угля приближается к нулю;

спрос на уголь на мировом рынке растет незначительными темпами и удовлетворяется за счет увеличения поставок такими экспортерами, как Австралия. Отметим, что основные данные по экспорту (импорту) ископаемого топлива и тенденции динамики взяты из источников, упомянутых выше. Можно предположить, что при необходимости реального ограничения (снижения) выбросов ПГ согласно инициативам типа Киото существенного увеличения экспорта газа не произошло бы ввиду возрастания внутренней потребности России в природном газе как менее карбооемком топливе.

Изучая структуру источников первичной энергии (рис. 6), схожую для всех сценариев, отметим несколько тенденций. Так, доли гидроэнергии, и особенно ядерной энергии, стабильно увеличиваются со временем за счет уменьшения доли производства энергии из угля. Вклад газа и нефти (в процентах) остается практически неизменным, при этом газ является основным источником производства энергии (его доля стабильно около 50 %). Отметим, что продолжение расчетов за 2030 г. демонстрирует существенное падение долей традиционных ресурсов вследствие истощения их запасов. В перспективе альтернативные возобновимые источники энергии (такие как энергия биомассы, солнечная энергия, геотермальная энергия) будут играть все более заметную роль, хотя их вклад в российскую энергетику на рассматриваемом временном интервале пренебрежимо мал [5]. Увеличение вклада ядерной энергии, которая традиционно считается экологически чистой при отсутствии нештатных ситуаций, на наш взгляд, является одной из возможных причин увеличения со временем доли ЭВВП в ВВП (см. рис. 3). Как показали дополнительные вычислительные эксперименты, микросценарии «пост-Фукусима-да» и «пост-Фукусима-нет», в основном касающиеся регионов OECD Европа и Япония, не оказывают ощутимого влияния на динамику структуры российской энергетики.

Отметим, что модельная динамика, представленная на рис. 1–6, является оптимальной с точки зрения MERGE на всем рассматриваемом промежутке времени (в этом и состоит специфика модели); этот факт вполне может быть причиной существенного отклонения результатов моделирования от экспертных оценок изменения того или иного параметра на конкретном небольшом интервале.

Авторы полагают, что анализ результатов проведенных численных экспериментов по-

зволит в перспективе разумным способом дополнить модель MERGE экологическими показателями качества экономического развития, например, посредством включения в максимизируемую функцию суммарного благосостояния Негиши (раздел 2) взвешенных экологических характеристик.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 14-06-00075) и программы фундаментальных научных исследований УрО РАН (проект 15-7-1-22).

Список источников

1. Дигас Б. В., Розенберг В. Л., Боярских А. И. Изучение эколого-экономических показателей посредством новой версии интегрированной модели MERGE. Ч. 1 // Экономика региона. — 2015. — № 4. — С. 346–356.
2. Manne A., Mendelson R., Richels R. MERGE — a Model for Evaluating Regional and Global Effects of GHG reduction policies // Energy Policy. — 1995. — Vol. 23. — No. 1. — P. 17–34.
3. Перспективы мировой энергетики до 2040 г. / Макаров А. А. и др. // Мировая экономика и международные отношения. — 2014. — № 1. — С. 3–20.
4. Баишаков И. А., Мышак А. Д. Факторы, определяющие выбросы парниковых газов в секторе «Энергетика» России. 1990–2050. — М: Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ), 2013. — 107 с.
5. Перспективы развития мировой энергетики в период до 2040 г. и их влияние на российский топливно-энергетический комплекс / Галкина А. А., Грушевенко Д. А., Грушевенко Е. В., Кулагин В. А., Миронова И. Ю. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. — 2015. — № 1(211). — С. 59–70.

Информация об авторах

Дигас Борис Вадимович — кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, Институт математики и механики УрО РАН (Российская Федерация, 620990, г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, 16; e-mail: digas@imm.uran.ru)

Розенберг Валерий Львович — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт математики и механики УрО РАН (Российская Федерация, 620990, г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, 16; e-mail: rozen@imm.uran.ru)

Боярских Анастасия Игоревна — экономист, Институт экономики УрО РАН (Российская Федерация, 620014, обл. Свердловская, Екатеринбург, Московская, 29; e-mail: nastia-sinenko@rambler.ru)

For citation: *Ekonomika regiona* [Economy of Region], — 2015. — № 4. — pp. 251–256

B. V. Digas, V. L. Rozenberg, A. I. Boyarskikh

Study of the Eco-Economic Indicators by Means of the New Version of the Merge Integrated Model Part 2¹

One of the most relevant issues of the day is the forecasting problem of climatic changes and mitigation of their consequences. The official point of view reflected in the Climate doctrine of the Russian Federation consists in the recognition of the need of the development of the state approach to the climatic problems and related issues on the basis of the comprehensive scientific analysis of ecological, economic and social factors. For this purpose, the integrated estimation models of interdisciplinary character are attracted. Their functionality is characterized by the possibility of construction and testing of various dynamic scenarios of complex systems. The main purposes of the computing experiments described in the article are a review of the consequences of hypothetical participation of Russia in initiatives for greenhouse gas reduction as the Kyoto Protocol and approbation of one of the calculation methods of the green gross domestic product representing the efficiency of environmental management in the modelling. To implement the given goals, the MERGE optimization model is used, its classical version is intended for the quantitative estimation of the application results of nature protection strategies. The components of the model are the eco-power module, climatic module and the module of loss estimates. In the work, the main attention is paid to the adaptation of the MERGE model to a current state of the world economy in the conditions of a complicated geopolitical situation and introduction of a new component to the model, realizing a simplified method for calculation the green gross domestic product. The Project of scenario conditions and the key macroeconomic forecast parameters of the socio-economic development of Russia for 2016 and the schedule date of 2017–2018 made by the Ministry of Economic Development of the Russian Federation are used as a basic source of entrance data for the analysis of possible trajectories of the economic development of Russia and the indicators of their ecological efficiency. Calculations show that Russia has reserves allowing its participation in the nature protection initiatives consisting in the non-exceedance of the emissions levels of 1990 by 2020–2025. At the same time, a goal of increasing the ecological efficiency of the Russian gross domestic product is relevant and demands to address this matter urgently. We suppose that modelling results may be in demand by the competent bodies taking managerial decisions.

¹ See 1st part of the article in the *Economy of Region Journal*, № 4, 2015.

Keywords: complex estimated models, intertemporal optimization, scenarios of economic development, emission of greenhouse gasses, green gross domestic product

Acknowledgements

The research has been supported by the Russian Foundation for Basic Research (Project 14–06–00075) and programs of fundamental scientific research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Project 15–7–1–22).

References

1. Digas, B. V., Rozenberg, V. L. & Boyarskikh, A. I. (2015). Izuchenie ekologo-ekonomicheskikh pokazateley posredstvom novoy versii integrirovannoy modeli MERGE. Ch. 1 [Study of the eco-economic indicators by means of the new version of the merge integrated model. P.1]. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 4, 346–356.
2. Manne, A., Mendelson, R. & Richels, R. (1995). MERGE — a Model for Evaluating Regional and Global Effects of GHG reduction policies. *Energy Policy*, 23(1), 17–34.
3. Makarov A. A. et al. (2014). Perspektivy mirovoy energetiki do 2040 g. [Prospects of the world power up to 2040]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya [World economy and international relations]*, 1, 3–20.
4. Bashmakov, I. A. & Myshak, A. D. (2013). *Faktory, opredelyayushchie vybrosoy parnikovykh gazov v sektore «Energetika» Rossii. 1990–2050 [The factors defining emissions of greenhouse gases in the Russian «Energetics» sector. 19902050]*. Moscow: Tsentr po effektivnomu ispolzovaniyu energii (TsENEF) Publ., 107.
5. Galkina, A. A., Grushevenko, D. A., Grushevenko, E. V., Kulagin, V. A. & Mironova, I. Yu. (2015). Perspektivy razvitiya mirovoy energetiki v period do 2040 g. i ikh vliyanie na rossiyskiy toplivno-energeticheskiy kompleks [Development prospects of the world power up to 2040 and their influence on the Russian fuel and energy complex]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU [Scientific-technical bulletin of SPbSPU]*, 1(211), 59–70.

Authors

Boris Vadimovich Digas — PhD in Physical and Mathematical Sciences, Research Associate, Institute of Mathematics and Mechanics of the Ural Branch of RAS (16, S. Kovalevskoy St., Ekaterinburg, 620990, Russian Federation; e-mail: digas@imm.uran.ru).

Valeriy Lvovich Rozenberg — PhD in Physical and Mathematical Sciences, Senior Research Associate, Institute of Mathematics and Mechanics of the Ural Branch of RAS (16, S. Kovalevskoy St., Ekaterinburg, 620990, Russian Federation; e-mail: rozen@imm.uran.ru).

Anastasiya Igorevna Boyarskikh — Economist, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: nastia-sinenko@rambler.ru).