УДК 338.27
JEL Q51, Q58
DOI 10.25205/2542-0429-2019-19-3-41-57

Индекс человеческого развития в регионах РФ с учетом ситуации в сфере обращения с отходами

Г. М. Мкртчян^{1,2}, Т. О. Тагаева^{1,2}, А. И. Бокслер¹

¹ Новосибирский национальный исследовательский государственный университет
Новосибирск, Россия

² Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН
Новосибирск, Россия

Аннотация

Анализируются современные экологические проблемы в РФ и возможность их учета макроэкономическими показателями. Наиболее подробно рассмотрен индекс человеческого развития (ИЧР): изложен алгоритм его расчета, описаны преимущества и недостатки показателя, возможность отражения им экологической ситуации. Научной новизной исследования является предложенная авторами методика расчета ИЧР, которая учитывает ситуацию в сфере обращения с отходами (до этого макропоказатели с экологической корректировкой учитывали только загрязнение водных и атмосферных ресурсов). Включение в макропоказатель параметра, описывающего накопление отходов, снижает ИЧР для многих регионов РФ по сравнению с его традиционным значением, что говорит о серьезности и актуальности проблемы отходов в РФ. В статье отмечены недостатки российской экологической политики по борьбе с отходами, предложены направления стимулирования снижения образования и накопления отходов производства и потребления.

Ключевые слова

экологическая ситуация, макроэкономические показатели, индекс человеческого развития, отходы производства и потребления, экологическая политика

Источник финансирования

Работа выполнена по плану НИР ИЭОПП СО РАН, проект XI.170.1.1 «Инновационные и экологические аспекты структурной трансформации российской экономики в условиях новой геополитической реальности», № АААА-А17-117022250127-8

Для цитирования

Мкртчян Г. М., Тагаева Т. О., Бокслер А. И. Индекс человеческого развития в регионах РФ с учетом ситуации в сфере обращения с отходами // Мир экономики и управления. 2019. Т. 19, № 3. С. 41–57. DOI 10.25205/2542-0429-2019-19-3-41-57

The Human Development Index under the Current Waste Management System in the Russian Regions

G. M. Mkrtchyan^{1,2}, T. O. Tagaeva^{1,2}, A. I. Boksler²

¹ Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS
Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk State University
Novosibirsk, Russian Federation

Abstract

This paper attempts to analyze the existing environmental issues in the Russian Federation with the help of macroeconomic indicators, with special emphases being placed on the Human Development Index (HDI). The work presents

the algorithm of HDI calculation, examines its advantages and disadvantages and describes the possibility to reflect the environmental situation with the help of HDI. Scientific novelty of the study is the proposed method of computing HDI taking into account the situation in the field of waste management (earlier, macro indicators with environmental adjustment took into account only water and air pollution). Inclusion of waste accumulation parameter tends to decrease most regional HDIs in comparison with their traditional values, which underlines the gravity and relevance of waste challenges in the Russian Federation. The article highlights the shortcomings of the Russian environmental waste policy, and proposes the ways to stimulate the reduction of waste generation and accumulation.

Keywords

environmental situation, macroeconomic indicators, Human Development Index, production and consumption wastes, environmental policy

Funding

The research was carried out with the plan of IEIE SB RAS, project XI.170.1.1, № AAAA-A17-117022250127-8

For citation

Mkrtchyan G. M., Tagaeva T. O., Boksler A. I. The Human Development Index under the Current Waste Management System in the Russian Regions. *World of Economics and Management*, 2019, vol. 19, no. 3, p. 41–57. (in Russ.) DOI 10.25205/2542-0429-2019-19-3-41-57

Современная экологическая ситуация в России оценивается экологами как стабильно негативная без явных тенденций к улучшению. Россия остается одной из самых энергоемких стран мира, использующей традиционные, т. е. загрязняющие, источники энергии. По данным Мирового банка, страна занимает по уровню энергоемкости ВВП 166-е место из 192 стран. Впервые на государственном уровне на заседании Госсовета по вопросу «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений» (27 декабря 2016 г.) был представлен огромный масштаб экономических потерь, вызванный негативным воздействием загрязнения окружающей среды: ежегодный экономический ущерб достигает 6 % ВВП, а с учетом последствий для здоровья людей – и 15 % ВВП [1. С. 41]. Катастрофическая ситуация сложилась в сфере обращения с отходами: по данным Росстата, объем образования отходов производства и потребления в 2017 г. вырос более чем в 3 раза по сравнению с уровнем 2005 г.

В связи с этим особенно актуальной становится проблема отражения результатов экономического развития страны в ее макроэкономических показателях. Россия является классическим примером «ловушки ВВП», когда огромный рост ВВП в начале века создал впечатление быстрого экономического развития. Падение цен на нефть показало очевидную неустойчивость сложившейся экспортно-сырьевой модели [1. С. 40]. В российской практике предлагается использование нескольких отражающих экологическую ситуацию макропоказателей. В качестве примера можно привести *эколого-экономический индекс* (ЭЭИ) – сводный индекс, который дает возможность объективно оценить эколого-экономическую устойчивость развития регионов. Впервые для субъектов России метод расчета данного индекса был предложен российскими экономистами С. Бобылевым и его коллегами [2]. Эколого-экономический индекс, рассчитанный на данных субъектов России, базируется на рекомендациях Всемирного банка для расчета *скорректированных чистых накоплений* (СЧН). Показатель СЧН, в свою очередь, является коррекцией традиционного показателя валовых сбережений – из них отнимается оценка истощения природного капитала и ущерб от ухудшения экологической ситуации, в том числе наносимый здоровью человека. Важным преимуществом СЧН является то, что расчет данного показателя осуществляется ежегодно для всех государств мира, а результаты публикуются в справочниках, выпускаемых Всемирным банком, «Индикаторы мирового развития». Этот показатель уже используется некоторыми государствами в числе официальных показателей на макроуровне.

ЭЭИ обладает рядом преимуществ: он имеет большее количество агрегируемых показателей, чем собственно индекс СЧН, в том числе за счет расширения числа экологических показателей и показателей, оценивающих человеческое развитие. ЭЭИ равен частному от деления скорректированных чистых накоплений на валовой региональный продукт. Подробно способы расчета индекса представлены в [2–4].

Также для отражения экономических результатов с учетом их влияния на окружающую природную среду предлагается использовать *скорректированный ВВП*. В зависимости от источников название показателя варьируется, встречаются следующие варианты формулировок: зеленый ВВП (Green GDP), экологический ВВП (Eco-Domestic Product), экологически адаптированный ВВП (Environmentally-Adjusted Domestic Product). Одним из основателей данного показателя является канадский экономист Джон Хартвик, обосновавший подход в своих трудах [5]. Его последователем стал А. Кунте, который продемонстрировал важность включения природного капитала в процесс расчета ВВП [6]. «Зеленый» ВВП представляет собой оценку традиционного ВВП, уменьшенную на параметры экологической корректировки: стоимостную оценку уменьшения запасов природных ресурсов, расходы на охрану окружающей среды, стоимостную оценку деградации экологической ситуации. Подробно способы расчета экологически скорректированного ВВП, преимущества и недостатки данного показателя представлены в [4; 7; 8].

Более подробно в статье будет представлен *индекс человеческого развития (ИЧР)* – сводный показатель, который консолидирует оценки развития государства по трем основным направлениям в области человеческого развития: здоровье, образование и условия жизни [9]. ИЧР был впервые разработан экономистом из Пакистана Махбубом-уль-Хаком совместно с индийским экономистом, лауреатом Нобелевской премии Амартией Сеном и другими специалистами для первого «Доклада о человеческом развитии» в 1990 г. Среди научных работ, предоставляющих статистическое обоснование этого подхода, можно отметить [10; 11]. В 2010 г. А. Дитон и Д. Канеман определили пороговое значение, используемое для расчета индекса дохода¹.

ИЧР принимает значения в пределах от 0 до 1. Чем выше ИЧР, тем выше развитие человеческого потенциала и тем ближе условия жизни к неким общепризнанным критериям благополучия отдельного человека в частности и всего народа, населяющего страну.

До 2010 г. ИЧР рассчитывался как среднее арифметическое, однако теперь он является средним геометрическим нормализованных индексов измерений рассматриваемых показателей, полученных на основе их минимальных и максимальных значений, зафиксированных во время периода, для которого был рассчитан ИЧР. Таким образом, с 2010 г. при расчете ИЧР используют «наблюдаемый максимум» показателя. Результат таких изменений методики расчета ИЧР проявляется в том, что теперь неравномерное развитие по направлениям достижений, учитываемых в ИЧР, сильнее сказывается на итоговом показателе, т. е. среднее геометрическое позволяет получить более низкие значения показателя. Что же касается рейтинга, то на него замена метода расчета оказывает лишь незначительное воздействие [12. С. 78].

Согласно техническим указаниям к «Докладу о человеческом развитии» ИЧР рассчитывается следующим образом:

$$HDI = (I_{\text{health}} \cdot I_{\text{education}} \cdot I_{\text{income}})^{1/3},$$

где

HDI – ИЧР,

I_{health} – индекс ожидаемой продолжительности жизни (или индекс долголетия),

$I_{\text{education}}$ – индекс образования,

I_{income} – индекс дохода.

Для каждого из трех индексов (долголетия, образования и дохода) предлагается следующая общая формула:

$$\text{dimension index} = \frac{\text{actual value} - \text{minimum value}}{\text{maximum value} - \text{minimum value}},$$

где

dimension index – соответствующий индекс,

¹ Human Development Report 2010. The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development. New York, St. Martin's Press LLC, 2010, 238 p.

actual value – значение используемого для расчета индекса показателя,
 maximum value – наблюдаемый за период максимум показателя среди различных стран,
 minimum value – наблюдаемый за период минимум показателя среди различных стран².

Измерителем уровня жизни ранее выступал душевой ВВП по ППС³, однако в настоящее время для расчета индекса дохода, одной из трех составляющих ИЧР, используется ВНД по ППС⁴ на душу населения. ИЧР позволяет наблюдать и анализировать основные показатели качества жизни и распределения регионов по уровню жизни населения. Это дает возможность проводить дифференцированную региональную социально-экономическую политику на основе ранжирования районов по данному показателю [12. С. 78].

$$I_{\text{income}} = \frac{\ln(GNIpc) - \ln(100)}{\ln(75000) - \ln(100)},$$

где

I_{income} – индекс дохода,

$GNIpc$ – ВНД на душу населения по ППС в долларах США.

Минимальное значение для душевого показателя ВНД взято за 100 долларов США, что приблизительно равняется низшей оценке прожиточного минимума и нерыночного производства в бедных странах. Максимальный размер ВНД составляет 75 000 долларов США на душу населения. Д. Канеман и А. Дитон из Принстонского университета показали, что в случае превышения годового душевого дохода в 75 000 долларов США нет выгоды в развитии, т. е. различия в случае экономического роста стираются⁵.

Для расчета индекса образования используют показатели средней продолжительности обучения и ожидаемой продолжительности образования. Первый показатель показывает усредненное количество лет образования, полученное лицами в возрасте 25 лет и старше в течение жизни. Под второй величиной подразумевается ожидаемое количество лет, за которое ребенок, достигший официально установленного возраста поступления в школу, может получить образование, если в течение его жизни не изменятся преобладающие тренды в сфере показателей вовлеченности населения в образование.

$$I_{\text{education}} = \frac{MYSI + EYSI}{2},$$

$$MYSI = \frac{MYS}{15},$$

$$EYSI = \frac{EYS}{18},$$

где

$I_{\text{education}}$ – индекс образования,

$MYSI$ – индекс средней продолжительности обучения,

$EYSI$ – индекс ожидаемой продолжительности обучения,

MYS – средняя продолжительность обучения,

EYS – ожидаемая продолжительность обучения.

Минимальное значение средней и ожидаемой продолжительности обучения взято за 0, поскольку в некоторых странах до сих пор не предоставляются услуги образования. По оцен-

² Human Development Report 2014. Sustaining Human Progress: Reducing Vulnerabilities and Building Resilience. New York, RR Donnelley Company, 2014, 239 p.

³ Валовой внутренний продукт, рассчитанный в долларах США по курсу с учетом паритета покупательной способности.

⁴ Валовой национальный доход, рассчитанный в долларах США по курсу с учетом паритета покупательной способности.

⁵ Human Development Report 2014.

кам, максимальная средняя продолжительность обучения составляет 15 лет, а ожидаемая продолжительность обучения – 18 лет, что эквивалентно получению магистерской степени в большинстве стран⁶.

Индекс долголетия – показатель, который оценивается по ожидаемой продолжительности жизни:

$$LEI = \frac{LE - 20}{85 - 20},$$

где

LEI – индекс ожидаемой продолжительности жизни (индекс долголетия),

LE – ожидаемая продолжительность жизни.

Обоснованием того, что минимальная ожидаемая продолжительность жизни взята на уровне 20 лет, является тот факт, что в XX в. ни в одной стране мира ожидаемая продолжительность жизни не составила менее 20 лет. Особенность ИЧР заключается в том, что данный показатель разграничивает понятия доходов и человеческого благополучия. Величина полученных доходов не всегда отражает многие аспекты уровня жизни, а комплексное измерение средних достижений в здравоохранении, образовании и доходах в ИЧР дает более полное представление о состоянии развития государства [12].

Однако, как и скорректированный ВВП, ИЧР имеет ряд недостатков. Основной из них заключается в отсутствии согласования используемых для расчета величин с точки зрения типа по отношению ко времени. Так, ожидаемая продолжительность жизни и уровень грамотности рассчитываются на определенную дату (т. е. являются показателями запаса), а ВНД на душу населения по ППС относятся к показателям за период (т. е. являются показателями потока). Таким образом, экономический доход является результатом деятельности в течение одного года, а продолжительность жизни и уровень образования определяются факторами, воздействующими на общество многими столетиями [8. С. 108].

Экологический фактор косвенно учтен в индексе ожидаемой продолжительности жизни, используемый при расчете ИЧР. Безусловно, неблагоприятная экология становится причиной многих заболеваний, снижающих продолжительность жизни. Однако требуется дополнительная корректировка индекса в направлении учета условий окружающей среды, чтобы объективно оценивать уровень жизни людей.

Одним из российских экономистов, предложивших метод введения экологического фактора при расчете показателей, является Е. В. Рюмина. Автор в своей работе [13] рассматривает учет загрязнения воздуха и воды в ИЧР с помощью показателей доли негативных проб воздуха и воды, т. е. доли проб, превышающих предельную допустимую концентрацию (ПДК) вредных веществ.

При этом максимальный процент негативных проб был взят равным 100 %, а минимальный – 0 %. Частные индексы по воздуху и воде для регионов строились по принципу: чем меньше проб, превышающих ПДК, тем лучше, т. е. тем индекс выше:

$$P_i = \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (1)$$

где

P_i – частный индекс,

$x_i, x_{\min}, x_{\max}$ – соответственно фактическая, минимальная и максимальная доля негативных проб в регионе i .

Затем был сформирован индекс экологических условий жизни ($I_{\text{экол}}$) как среднее арифметическое частных индексов по воздуху ($P_{\text{возд}}$) и воде ($P_{\text{воды}}$), и рассчитан ИЧР с учетом экологической ситуации ($\text{ИЧР}_{\text{Рюминой}}$).

⁶ Human Development Report 2014.

Полученный скорректированный индекс человеческого развития не только отличался от традиционного ИЧР по абсолютному значению, но и изменил положение субъектов РФ в общем рейтинге, что позволяет судить о прикладной ценности данной методики. Е. В. Рюминой показана целесообразность и эффективность использования для эколого-экономического анализа нового показателя доли проб воздуха и воды, превышающих ПДК, в общем числе исследованных проб. Этот показатель отражает и экологическое поведение населения, и экологические условия его жизни.

Рассмотренные выше, а также другие макроэкономические показатели, учитывающие экологическую ситуацию, не принимают во внимание проблемы, связанные с накоплением отходов производства и потребления. Авторами предложена методика расчета *индекса человеческого развития, учитывающего ситуацию с отходами*.

Представляется необходимым при расчете индекса экологических условий, используемого при расчете скорректированного ИЧР по методике Е. В. Рюминой, учитывать ситуацию с отходами в регионе. Сделать это можно путем введения еще одного частного индекса – индекса отходов $P_{отх}$. При этом сумма частных индексов, взятых с коэффициентом $1/3$, даст индекс экологических условий, включаемый в расчет скорректированного ИЧР ($ИЧР_{экол}$):

$$ИЧР_{экол} = (I_{экол} \cdot I_{долг} \cdot I_{обр} \cdot I_{дох})^{1/4}, \quad (2)$$

$$I_{экол} = \frac{1}{3}(P_{отх} + P_{возд} + P_{воды}), \quad (3)$$

где

$ИЧР_{экол}$ – скорректированный на экологическую ситуацию ИЧР,

$I_{экол}$, $I_{долг}$, $I_{обр}$, $I_{дох}$ – соответственно индекс экологических условий, долголетия, образования, дохода;

$P_{отх}$, $P_{возд}$, $P_{воды}$ – частные индексы отходов, воздуха и воды.

По формуле (1) по методике Е. В. Рюминой выполнен расчет частных индексов воздуха и воды для 2015 г. (выбранный год объясняется наличием данных об экологических показателях, с представлением которых российская статистика, как правило, запаздывает). Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Частные индексы состояния воздуха и воды по субъектам РФ в 2015 г.

Table 1

Regional Air and Water Indexes for 2015

Субъект РФ	Доля проб, превышающих ПДК		Частный индекс состояния	
	воздух	вода	воздуха	воды
Белгородская область	0,20	0,10	0,998	0,999
Брянская область	0,40	12,50	0,996	0,875
Владимирская область	0,60	80,00	0,994	0,200
Воронежская область	0,60	0,10	0,994	0,999
Ивановская область	1,10	31,30	0,989	0,687
Калужская область	1,10	25,00	0,989	0,750
Костромская область	0,20	12,90	0,998	0,871
Курская область	3,00	0,10	0,970	0,999

Продолжение табл. 1

Субъект РФ	Доля проб, превышающих ПДК		Частный индекс состояния	
	воздух	вода	воздуха	воды
Липецкая область	0,20	0,10	0,998	0,999
Московская область	0,30	28,63	0,997	0,714
Орловская область	0,10	0,10	0,999	0,999
Рязанская область	1,80	28,10	0,982	0,719
Смоленская область	1,40	0,00	0,986	1,000
Тамбовская область	0,90	0,10	0,991	0,999
Тверская область	0,30	26,60	0,997	0,734
Тульская область	0,40	0,10	0,996	0,999
Ярославская область	0,20	21,10	0,998	0,789
г. Москва	0,20	71,20	0,998	0,288
Республика Карелия	0,70	20,10	0,993	0,799
Республика Коми	0,80	32,40	0,992	0,676
Архангельская область	1,10	54,80	0,989	0,452
Вологодская область	0,20	16,20	0,998	0,838
Калининградская область	0,40	9,60	0,996	0,904
Ленинградская область	0,40	64,60	0,996	0,354
Мурманская область	0,60	8,90	0,994	0,911
Новгородская область	0,90	73,50	0,991	0,265
Псковская область	0,50	11,10	0,995	0,889
г. Санкт-Петербург	0,10	29,50	0,999	0,705
Республика Адыгея	0,60	0,00	0,994	1,000
Республика Калмыкия	0,20	25,00	0,998	0,750
Краснодарский край	0,10	2,70	0,999	0,973
Астраханская область	1,70	3,90	0,983	0,961
Волгоградская область	0,70	35,20	0,993	0,648
Ростовская область	0,90	40,30	0,991	0,597
Республика Дагестан	0,60	6,40	0,994	0,936
Республика Ингушетия	1,20	0,10	0,988	0,999
Кабардино-Балкарская Республика	1,50	0,00	0,985	1,000
Карачаево-Черкесская Республика	0,20	0,40	0,998	0,996
Республика Северная Осетия – Алания	2,10	0,10	0,979	0,999
Чеченская Республика	7,80	0,00	0,922	1,000
Ставропольский край	0,50	0,60	0,995	0,994
Республика Башкортостан	1,10	26,80	0,989	0,732
Республика Марий Эл	0,30	0,00	0,997	1,000
Республика Мордовия	0,10	0,10	0,999	0,999
Республика Татарстан	1,10	22,00	0,989	0,780
Удмуртская Республика	0,40	21,90	0,996	0,781
Чувашская Республика	0,00	18,30	1,000	0,817
Пермский край	0,40	57,50	0,996	0,425
Кировская область	0,20	45,00	0,998	0,550
Нижегородская область	0,30	38,20	0,997	0,618
Оренбургская область	0,10	0,70	0,999	0,993
Пензенская область	0,30	6,70	0,997	0,933

Окончание табл. 1

Субъект РФ	Доля проб, превышающих ПДК		Частный индекс состояния	
	воздух	вода	воздуха	воды
Самарская область	1,30	21,90	0,987	0,781
Саратовская область	3,10	12,10	0,969	0,879
Ульяновская область	1,30	34,90	0,987	0,651
Курганская область	1,30	38,20	0,987	0,618
Свердловская область	1,80	13,20	0,982	0,868
Тюменская область	0,20	40,00	0,998	0,600
Челябинская область	1,10	31,80	0,989	0,682
Республика Алтай	0,10	0,10	0,999	0,999
Республика Бурятия	6,60	0,00	0,934	1,000
Республика Тыва	7,80	0,10	0,922	0,999
Республика Хакасия	0,10	10,00	0,999	0,900
Алтайский край	2,20	18,30	0,978	0,817
Забайкальский край	7,50	13,30	0,925	0,867
Красноярский край	3,60	31,30	0,964	0,687
Иркутская область	0,40	3,90	0,996	0,961
Кемеровская область	0,90	35,90	0,991	0,641
Новосибирская область	0,40	22,00	0,996	0,780
Омская область	0,30	33,70	0,997	0,663
Томская область	0,80	5,40	0,992	0,946
Республика Саха (Якутия)	0,80	16,70	0,992	0,833
Камчатский край	0,10	1,10	0,999	0,989
Приморский край	0,40	15,90	0,996	0,841
Хабаровский край	1,10	6,50	0,989	0,935
Амурская область	1,10	39,20	0,989	0,608
Магаданская область	0,90	14,90	0,991	0,851
Сахалинская область	3,10	25,80	0,969	0,742
Еврейская автономная область	3,80	13,30	0,962	0,867
Чукотский автономный округ	0,10	48,00	0,999	0,520
Республика Крым	0,70	1,00	0,993	0,990

Источник: статистический сборник «Охрана окружающей среды в России – 2016 г.», расчеты авторов.

Для расчета количества накопленных отходов в 2015 г. в субъектах РФ складывается количество бытовых отходов, накопленных за год домашними хозяйствами, и отходов производства и потребления в производственной сфере. По каждому источнику накопления отходов количество накопленных за год отходов рассчитывается как разница между величиной образованных и утилизированных отходов:

$$D_t^i = R_t^i + G_t^i,$$

$$R_t^i = TR_t^i - UR_t^i,$$

$$G_t^i = TG_t^i - UG_t^i,$$

где

D_t^i – количество накопленных за год t отходов в регионе i ,

R_t^i – количество накопленного бытового мусора домашними хозяйствами в регионе i за год t ,

G_t^i – количество накопленных отходов производства и потребления в производственной сфере в регионе i за год t ,

UR_t^i – количество вывезенного спецтранспортом ТКО с территорий поселений на предприятия промышленной переработки в регионе i в году t ,

TR_t^i – количество образованного бытового мусора домашними хозяйствами в регионе i в году t ,

TG_t^i – количество образованных отходов производства и потребления в производственной сфере в регионе i в году t ,

UG_t^i – количество утилизированных и обезвреженных отходов производства и потребления в регионе i в году t .

Поскольку в российской статистике количество образованного и переработанного мусора измеряется в объемных показателях, а отходы производства и потребления, образованные в производственной сфере, – в весовых, то произведем перевод объемных показателей в весовые с помощью умножения объема ТКО на общепринятый коэффициент, учитывающий плотность мусора, равный 0,2⁷.

Рассчитаем частный индекс отходов, используя показатель количества накопленных за год отходов на душу населения. Для этого годовое накопление отходов в каждом регионе разделим на численность населения на конец года:

$$A_t^i = \frac{D_t^i}{P_t^i},$$

где

A_t^i – объем накопленных отходов за год t на душу населения региона i ,

D_t^i – объем отходов, накопленных за год t в регионе i ,

P_t^i – численность населения на конец года t в регионе i .

Затем рассчитаем частный индекс отходов по формуле (1), принимая за $x_{\min}$ и $x_{\max}$ соответственно минимальное и максимальное из наблюдаемых значений по регионам. Имея всю необходимую информацию, можем рассчитать индекс экологической ситуации по формуле (3), а затем и скорректированный ИЧР по формуле (2). Индексы дохода, долголетия и образования для 2015 г. были взяты из Доклада о человеческом развитии в Российской Федерации за 2017 г.⁸.

Упорядочив регионы по принципу убывания ИЧР, получим рейтинг регионов с учетом ситуации в сфере обращения с отходами (табл. 2).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ИЧР регионов с благоприятной экологической ситуацией, в которых отсутствуют вредные загрязняющие производства, в том числе предприятия добывающей промышленности, таких как Республики Крым и Алтай, Кабардино-Балкарская и Карачаево-Черкесская, значительно вырос в абсолютном значении и привел к укреплению позиций данных субъектов в рейтинге скорректированного ИЧР. При этом обратная ситуация характерна для г. Москвы, Кемеровской и Архангельской областей. Данные регионы характеризуются довольно высокими индексами дохода, что говорит о развитой экономике в целом или о наличии драйверов в виде добывающих или обрабатывающих отраслей.

⁷ ТБО в России: тенденции и проблемы. URL: <http://www.priroda.ru/reviews/detail.php?ID=11270> (дата обращения 04.04.2019).

⁸ Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2017 год / Под ред. С. Н. Бобылева, Л. М. Григорьева. М.: Аналитический центр при Правительстве РФ, 2017. С. 275–284.

Таблица 2

Скорректированный ИЧР_{экол} в 2015 г. по регионам РФ

Table 2

Adjusted Regional HRI_{ecol} for 2015

№	Регион РФ	ИЧР _{экол}	Рейтинг ИЧР _{экол}	Разница между	
				ИЧР _{экол} и ИЧР	ИЧР _{экол} и ИЧР _{экол} (по Рюминой)
1	Белгородская область	0,905	2	0,015	-0,012
2	Брянская область	0,858	51	0,025	-0,001
3	Владимирская область	0,803	79	-0,032	0,028
4	Воронежская область	0,895	6	0,027	-0,005
5	Ивановская область	0,830	73	0,013	0,008
6	Калужская область	0,864	40	0,010	0,006
7	Костромская область	0,863	42	0,024	0,000
8	Курская область	0,890	10	0,018	-0,010
9	Липецкая область	0,900	4	0,026	-0,005
10	Московская область	0,873	30	0,006	0,009
11	Орловская область	0,885	15	0,029	-0,007
12	Рязанская область	0,862	43	0,007	0,008
13	Смоленская область	0,869	36	0,032	-0,007
14	Тамбовская область	0,891	8	0,028	-0,005
15	Тверская область	0,847	61	0,013	0,005
16	Тульская область	0,881	19	0,030	-0,007
17	Ярославская область	0,877	21	0,011	0,004
18	г. Москва	0,895	7	-0,054	0,022
19	Республика Карелия	0,846	63	0,002	-0,011
20	Республика Коми	0,876	26	-0,004	0,007
21	Архангельская область	0,737	81	-0,116	-0,083
22	Вологодская область	0,876	24	0,016	0,001
23	Калининградская область	0,874	29	0,024	-0,001
24	Ленинградская область	0,828	74	-0,020	0,023
25	Мурманская область	0,859	49	0,001	-0,023
26	Новгородская область	0,825	75	-0,034	0,024
27	Псковская область	0,843	64	0,030	-0,002
28	г. Санкт-Петербург	0,913	1	-0,009	0,008
29	Республика Адыгея	0,862	44	0,037	-0,006
30	Республика Калмыкия	0,843	66	0,019	0,006
31	Краснодарский край	0,891	9	0,028	-0,003
32	Астраханская область	0,889	11	0,024	-0,003
33	Волгоградская область	0,857	52	0,003	0,012
34	Ростовская область	0,850	58	-0,001	0,014
35	Республика Дагестан	0,864	41	0,033	-0,001
36	Республика Ингушетия	0,859	47	0,034	-0,008
37	Кабардино-Балкарская Республика	0,850	59	0,039	-0,006
38	Карачаево-Черкесская Республика	0,852	57	0,039	-0,007
39	Республика Северная Осетия – Алания	0,871	33	0,033	-0,005

Окончание табл. 2

№	Регион РФ	ИЧР _{экол}	Рейтинг ИЧР _{экол}	Разница между	
				ИЧР _{экол} и ИЧР	ИЧР _{экол} и ИЧР _{экол} (по Рюминой)
40	Чеченская Республика	0,834	70	0,037	–0,004
41	Ставропольский край	0,871	34	0,035	–0,005
42	Республика Башкортостан	0,861	45	0,009	0,007
43	Республика Марий Эл	0,871	32	0,033	–0,007
44	Республика Мордовия	0,881	18	0,031	–0,006
45	Республика Татарстан	0,899	5	0,003	0,006
46	Удмуртская Республика	0,874	28	0,010	0,004
47	Чувашская Республика	0,859	48	0,020	0,003
48	Пермский край	0,840	67	–0,020	0,018
49	Кировская область	0,839	68	–0,003	0,014
50	Нижегородская область	0,853	55	0,001	0,012
51	Оренбургская область	0,888	12	0,023	–0,010
52	Пензенская область	0,875	27	0,027	–0,002
53	Самарская область	0,876	25	0,009	0,005
54	Саратовская область	0,870	35	0,020	0,001
55	Ульяновская область	0,846	62	0,005	0,011
56	Курганская область	0,832	72	0,005	0,011
57	Свердловская область	0,882	17	0,011	–0,002
58	Тюменская область	0,888	13	–0,016	0,010
59	Челябинская область	0,860	46	0,001	0,006
60	Республика Алтай	0,849	60	0,037	–0,010
61	Республика Бурятия	0,853	56	0,025	–0,010
62	Республика Тыва	0,810	78	0,034	–0,012
63	Республика Хакасия	0,857	53	0,018	–0,009
64	Алтайский край	0,853	54	0,019	0,003
65	Забайкальский край	0,833	71	0,017	–0,003
66	Красноярский край	0,873	31	–0,005	0,008
67	Иркутская область	0,883	16	0,024	–0,006
68	Кемеровская область	0,789	80	–0,056	–0,048
69	Новосибирская область	0,877	22	0,010	0,005
70	Омская область	0,867	39	–0,001	0,009
71	Томская область	0,903	3	0,018	–0,003
72	Республика Саха (Якутия)	0,876	23	–0,010	–0,017
73	Камчатский край	0,868	37	0,032	–0,007
74	Приморский край	0,858	50	0,018	–0,001
75	Хабаровский край	0,868	38	0,022	–0,007
76	Амурская область	0,834	69	0,003	0,011
77	Магаданская область	0,886	14	0,004	–0,006
78	Сахалинская область	0,881	20	–0,003	0,004
79	Еврейская автономная область	0,822	77	0,028	–0,002
80	Чукотский автономный ок- руг	0,824	76	–0,039	–0,014
81	Республика Крым	0,843	65	0,039	–0,008

Источник: расчеты авторов.

Однако то, насколько перечисленные факторы экономического развития пагубно влияют на экологию, видно по результатам скорректированного ИЧР. Таким образом, проведенная корректировка объективно отражает не только уровень развития экономики, грамотность населения и его долголетие, но и состояние окружающей среды. Наглядный эффект корректировки представлен на рисунке.

Индексы человеческого развития в 2015 г.

Источник: Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2017 год... С. 275–284, расчеты авторов

Human Development Indexes for 2015

Расчет скорректированного с учетом ситуации с отходами ИЧР показал, что в большей части регионов (в 45 из 81) показатель снижается по сравнению с его значением, рассчитанным по методике Е. В. Рюминой, в наибольшей степени – в Архангельской, Мурманской и Кемеровской областях (более чем на 2 %, см. табл. 2, рисунок). Масштаб ухудшения макроэкономического показателя говорит о необходимости создания институциональных условий и совершенствования политики стимулирования снижения образования и накопления отходов. Однако современная политика не отвечает предъявляемым требованиям, а законодательная база недостаточно проработана. Приведем некоторые примеры.

1. Нуждается в усовершенствовании и конкретизации система принятого понятийного аппарата в области обращения с отходами. В законодательстве отсутствует единый подход к сути используемых понятий, в связи с чем возникают разночтения при отнесении отходов к категориям: использовано, утилизировано, обезврежено, переработано, размещено, захоронено, собрано, накоплено и др. Например, согласно ФЗ от 31.12.2017 № 503-ФЗ «О внесении

изменений в Федеральный закон № 89-ФЗ от 24.06.98 г. «Об отходах производства и потребления» и отдельные законодательные акты РФ» сбор отходов должен обязательно сопровождаться переработкой, утилизацией, обезвреживанием или размещением отходов. Таким образом, контейнеры для сбора раздельного мусора, пункты сбора батареек, пластиковых крышек, лампочек, установленные организациями (часто волонтерскими), не имеющими лицензии на их переработку, попали под запрет. Чтобы его обойти, в законодательство пришлось вводить термин «накопление» отходов (хотя по существу это и есть сбор: чтобы накапливать отходы, нужно их сначала собрать), который не требует лицензирования.

2. В законодательстве не проработаны механизмы осуществления изложенных целей и задач, что делает их не осуществимыми своевременно. Согласно Федеральному закону № 458-ФЗ от 29.12.2014 «О внесении изменений в Федеральный закон № 89-ФЗ от 24.06.98 г. «Об отходах производства и потребления» и отдельные законодательные акты РФ». Все субъекты РФ должны были к началу 2017 г. принять территориальную схему обращения с отходами, региональные программы по снижению образования отходов, определить региональных операторов по обращению с ТКО и утвердить соответствующие тарифы на услуги региональных операторов. Однако из-за недостаточной разработанности механизмов реформы, ее старт пришлось перенести на начало 2019 г., при этом были значительно изменены ее первоначальные условия в направлении снижения ответственности регоператоров и отходопроизводителей (возможность присвоения статуса регионального оператора другой организации без проведения конкурса, возможность заключения регоператором договоров на транспортировку и переработку отходов без проведения конкурса, было разрешено бесконтрольное включение несанкционированных свалок в реестр и разрешение на их эксплуатацию региональными операторами, юридическим лицам разрешили отказаться от заключения договора с региональным оператором в случае наличия у них объекта размещения отходов).

Вызывает сомнения эффективность монопольного статуса единого регионального оператора, что приведет к росту тарифов на его услуги (по оценкам, они в среднем по регионам выросли более чем в 2 раза и будут продолжать расти), к размещению отходов на свалках вместо их переработки (регоператор получил возможность включения несанкционированных свалок в реестр санкционированных), к возникновению рисков для независимых коммерческих предприятий, ориентированных на сортировку и глубокую переработку отходов.

Также не сформированы механизмы, обеспечивающие соблюдение региональными операторами распоряжения Правительства РФ № 1589-р от 25.07.2017, в котором запрещается захоронение отходов производства и потребления с полезными компонентами. Запреты на захоронение вводятся поэтапно в 2018–2021 гг. Для выполнения данного распоряжения необходимо будет перейти к раздельному сбору мусора, что предполагается осуществить только к 2024 г., что, в свою очередь, требует больших инвестиционных вложений для установки необходимого оборудования (контейнеров, систем видеонаблюдения), так как одними просветительскими мерами обойтись не удастся.

3. Не проработан механизм расширенной ответственности производителя за утилизацию отходов, который означает, что производитель (или импортер) в конце жизненного цикла произведенной им продукции должен выполнить установленные нормативы утилизации отходов или в случае их невыполнения заплатить экологический или утилизационный сбор. Первый путь часто сопровождается нарушениями законодательства: исполнение норматива утилизации происходит путем передачи отходов организациям, осуществляющим только сбор и транспортирование отходов, хотя они не вправе выдавать акт об утилизации либо иной документ, подтверждающий утилизацию [14]. В течение 11 месяцев предприятия имеют право накапливать отходы на своей территории в целях их дальнейшей утилизации и обезвреживания (снижения массы, сжигания, обеззараживания). В это время предприятие имеет право не платить за негативное воздействие на окружающую среду, возникающее при размещении отходов (НВОС). Однако часто эти цели только декларируются и не выполняются, и отходы везутся на полигоны в своем первоначальном состоянии, успев за почти годовой период времени негативно воздействовать на окружающую среду. Необходимо повы-

шать тарифы за размещение отходов на полигонах, чтобы предприятию все-таки было выгодно выполнять обозначенные выше цели. Также предприятия безнаказанно хранят отходы более 11 месяцев, поскольку размещение отходов (за которое и берется плата на НВОС), подразумевает их хранение и захоронение в специально предназначенных для этого объектах, чему хранение отходов на территории предприятия не соответствует.

4. За рамками регулирования и должного экологического контроля остается обращение отходов V класса опасности, которые составляют подавляющую часть всех образующихся отходов. Это в значительной мере затрудняет учет и контроль движения таких отходов и создает риски доступа на рынок услуг в данной сфере юридических лиц и предпринимателей, действующих с нарушениями финансового и налогового законодательства, а также требований по обращению с отходами. Отходы этого класса опасности также наносят вред окружающей природной среде: отчуждаются земли, в том числе сельскохозяйственные, под складирование производственных отходов, нарушаются естественные биогеохимические циклы территорий, загрязняются вредными и токсичными веществами атмосфера, почвы, поверхностные и подземные воды, экономика не получает сырье в виде полезных ископаемых веществ, заключенных в техногенных месторождениях.

5. Современные лицензионные требования к деятельности, связанной с отходами, требуют более тщательной проработки. Отмена лицензирования транспортной деятельности вызывает сомнение, так как транспорт для перевозки отходов должен отвечать специальным требованиям в целях их безопасной перевозки. С другой стороны недостаточно аргументирована необходимость лицензирования сбора некоторых видов отходов (батареек, макулатуры) и необходимость совмещать их сбор с обязательной дальнейшей переработкой.

Лицензионные требования к деятельности по заготовке, переработке и реализации лома черных и цветных металлов накладывают существенные ограничения для предприятий малого бизнеса. В случае, когда юридическое лицо или индивидуальный предприниматель занят только сбором металлолома, ему согласно лицензионному требованию вменяется иметь производственные площади, ломоперерабатывающее оборудование и лабораторию, что для этого вида деятельности не нужно. С другой стороны, совсем не лицензируется деятельность по обращению с отходами V класса (практически не опасными для окружающей среды), хотя, как уже отмечалось выше, образование и накопление данного вида отходов несет определенный вред и также нежелательно.

6. Механизм платы за НВОС при размещении отходов не выполняет своих компенсационных и стимулирующих функций. Индексирование соответствующих платежей отстает от темпов инфляции. Так, например, в 2018 г. ставки платы не были изменены, хотя темп инфляции составил 4 %, в 2019 г. индексирование ставок платежей за НВОС составит 1,04, хотя инфляция прогнозируется более высокой. Платежи за отходы пятого класса опасности добывающей промышленности составят всего 1,14 руб. за тонну. Однако это в основном техногенные отходы, которые также оказывают нагрузку на окружающую среду (вред от их накопления был рассмотрен выше). По оценкам специалистов негативное воздействие ТО на окружающую среду проявляется на территории, превышающей площадь складирования в 10–15 раз. Часто предприятия стремятся перевести отходы I–IV классов опасности в V класс или сертифицируют отходы в качестве сырья, что позволяет экономить на плате за НВОС.

7. Необходимо совершенствовать механизмы экологического и утилизационного сборов. Экологический сбор должен поступать во внебюджетный фонд, тогда при условии его повышения он не только будет служить для компенсации текущих затрат региональных операторов и отдельных производителей, а способствовать развитию индустрии рециклинга в целом. В случае обязательного утилизационного сбора (сбор, который выплачивает производитель транспортного средства, в отдельных случаях – собственник, например если автомобиль привезен из-за границы) у предприятия нет права выбора (платить сбор или самому утилизировать отходы – как в случае экологического сбора). Таким образом, данный сбор представляет собой инструмент только протекционистской политики, увеличивающей

издержки производителей, а не инструмент фискального стимулирования индустрии рециклинга. По нашему мнению, утилизационный сбор должен быть организован по принципу экологического сбора.

8. Значительные проблемы при организации промышленной обработки, утилизации и обезвреживания отходов связаны с недостатком информации об отходах, в том числе об их составе, ресурсной ценности, возможностях производства из них товаров и других сведений. Не осуществляется систематизация данных о движении отходов в отраслях экономики по субъектам Российской Федерации, экономическим районам, промышленным кластерам. Целесообразно введение новых форм федерального статистического наблюдения или дополнение существующих новыми наблюдениями в целях получения актуальной информации об обработке, утилизации и обезвреживании отходов.

9. Отсутствует эффективный государственный контроль в сфере обращения с отходами, в том числе в сфере выявления, предотвращения и пресечения деятельности, связанной с размещением отходов на несанкционированных свалках, а также функционирования объектов захоронения отходов с нарушением законодательства Российской Федерации (сбор вместе с разрешенными видами отходов (под видом таковых) чрезвычайно опасных, высокоопасных и умеренно опасных отходов, неучтенное захоронение отходов без оформления надлежащих документов, отсутствие достоверного учета поступающих отходов, превышение лимитов захоронения и т. д.).

Устранение вышеперечисленных недостатков нормативной правовой базы способствовало бы вовлечению отходов в хозяйственный оборот, что в конечном счете привело бы к улучшению состояния окружающей природной среды и, соответственно, к увеличению экологически скорректированного индекса человеческого развития.

Список литературы

1. **Бобылев С. Н.** Новые модели экономики и устойчивое развитие // Стратегии и инструменты экологически устойчивого развития экономики: Сб. тр. XV Междунар. науч.-практ. конф. Российского общества экологической экономики / Под ред. И. М. Потравного, П. И. Сафонова, О. А. Чередниченко, Н. А. Довгоцько. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та. 2019. 552 с.
2. **Бобылев С. Н., Минаков В. С., Соловьева С. В., Третьяков В. В.** Эколого-экономический индекс регионов РФ. М.: WWF России, РИА Новости, 2012. 147 с.
3. **Сырцова Е. А., Пыжев А. И., Зандер Е. В.** Истинные сбережения регионов Сибири: новые оценки, старые проблемы // ЭКО. 2016. №6. С. 109–129.
4. **Тагаева Т. О., Казанцева Л. К., Бокслер А. И.** Учет экологических факторов в показателях экономического развития // Экологический вестник России. 2018. № 9. С. 52–59.
5. **Hartwick J.** Natural Resources, National Accounting and Economic Depreciation. Queen's University Press, 1990, p. 41–47.
6. **Kunte et al.** Estimating National Wealth. The World Bank Press, 1998, p. 1–17.
7. **Веклич О. А., Шлапак Н. Ю.** Экологически скорректированный ВВП как показатель реального экономического развития // Проблемы прогнозирования. 2012. № 3. С. 48–54.
8. **Рюмина Е. В.** Экологически скорректированный ВВП: сферы использования и проблемы оценки // Экономика региона. 2013. № 4. С. 107–115.
9. **Горбунова О. Н., Гегамян М. А.** ИЧР: методологии расчета, показатели и индикаторы // Социально-экономические явления и процессы. 2013. № 3 (049). С. 49–53.
10. **Noorkbakhsh F.** The Human Development Index: Some Technical Issues and Alternative Indices. *Journal of International Development*, 1998, no. 10, p. 589–605.
11. **Decanq K., Lugo M.** Weights in Multidimensional Indices of Well-Being. *OPHI working paper*, 2009, no. 18, p. 5.

12. Горбунова О. Н., Гегамян М. А. Роль индекса развития человеческого потенциала в концепции развития человека // Социально-экономические явления и процессы. 2013. № 5 (051). С. 77–80.
13. Рюмина Е. В. Экологические аспекты оценки качества жизни // Экономика региона. 2016. Т. 12, вып. 4. С. 1113–1122.
14. Душаклова Н. М. Реализация расширенной ответственности производителя // Экология производства. 2018. № 4. С. 40–46.

References

1. Bobylev S. N. Novye modeli ekonomiki i ustojchivoe razvitie. In: Strategii i instrumenty ekologicheskij ustojchivogo razvitiya ekonomiki: proceeding. XV Rossijskogo obshestva ekologicheskij ekonomiki. Stavropol, AGRUS Stavropol'skogo gos. agrarnogo un-ta, 2019, 552 p. (in Russ.)
2. Bobylev S. N., Minakov V. S., Solovieva S. V., Tretiyakov V. V. Ekologo-ekonomicheskij indeks regionov RF. Moscow, WWF Rossii, RIA Novosti, 2012, 147 p. (in Russ.)
3. Syrtsova E. A., Pyzhev A. I., Zander E. V. Genuine Savings for Siberian Regions: new Estimates, Old Problems. *EKO [ECO]*, 2016, no. 6, p. 109–129. (in Russ.)
4. Tagaeva T. O., Kazantseva L. K., Boksler A. I. Uchet ekologicheskij faktorov v pokazatelyah ekonomicheskogo razvitiya. *Ekologicheskij vestnik Rossii*, 2018, no. 9, p. 52–59. (in Russ.)
5. Hartwick J. Natural Resources, National Accounting and Economic Depreciation. Queen's University Press, 1990, p. 41–47.
6. Kunte et al. Estimating National Wealth. The World Bank Press, 1998, p. 1–17.
7. Veklich O. A., Shlapak N. Yu. Environmentally adjusted GDP as an indicator of economic development. *Studies on Russian Economic Development*, 2012, no. 3, p. 244–248. (in Russ.)
8. Ryumina E. V. Ecologically adjusted GDP: spheres of using and assessment problems. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 2013, no. 4, p. 107–115. (in Russ.)
9. Gorbunova O. N., Gegamyan M. A. HDI: calculation methodologies, index and indicators. *Social and Economic Phenomena and Processes*, 2013, no. 3 (049), p. 49–53. (in Russ.)
10. Noorkbakhsh F. The Human Development Index: Some Technical Issues and Alternative Indices. *Journal of International Development*, 1998, no. 10, p. 589–605.
11. Decanq K., Lugo M. Weights in Multidimensional Indices of Well-Being. *OPHI working paper*, 2009, no. 18, p. 5.
12. Gorbunova O. N., Gegamyan M. A. HDI role in the concept of development of the person. *Social and Economic Phenomena and Processes*, 2013, no. 5 (051), p. 77–80. (in Russ.)
13. Ryumina E. V. Ecological Aspects of the Assessment of Quality of Life. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 2016, vol. 12, no. 4, p. 1113–1122. (in Russ.)
14. Dushakova N. M. Realizaciya rasshirennoj otvetstvennosti proizvoditelya. *Ekologiya proizvodstva*, 2018, no. 4, p. 40–46. (in Russ.)

Материал поступил в редколлегию
Received
02.08.2019

Сведения об авторах

Мкртчян Гагик Мкртичевич, доктор экономических наук, профессор, Президент, экономический факультет, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090, Россия); главный научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (пр. Академика Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия)
gagik@ieie.nsc.ru
ORCID 0000-0003-0768-7418

Тагаева Татьяна Олеговна, доктор экономических наук, профессор НГУ, экономический факультет, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090, Россия); ведущий научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (пр. Академика Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия)
tagaeva@ieie.nsc.ru
ORCID 0000-0002-9467-6436

Бокслер Анастасия Игоревна, бакалавр, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090, Россия)
boxler_n@mail.ru

Information about the Authors

Gagik M. Mkrtchyan, Doctor of Sciences (Economics), Professor, Novosibirsk State University (1 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation); Chief Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS (17 Academician Lavrentiev Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation)
gagik@ieie.nsc.ru
ORCID 0000-0003-0768-7418

Tatiana O. Tagaeva, Doctor of Sciences (Economics), Professor, Novosibirsk State University (1 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation); Leading Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS (17 Academician Lavrentiev Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation)
tagaeva@ieie.nsc.ru
ORCID 0000-0002-9467-6436

Anastasia I. Boksler, bachelor, Novosibirsk State University (1 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation)
boxler_n@mail.ru