

## Оценка инвестиционных затрат на переход к безуглеродной экономике в России к 2060 году

Дегтярев Кирилл Станиславович<sup>[0000-0002-1738-6320]1,2</sup>

Синюгин Олег Анатольевич<sup>[0000-0001-5874-4342]1,3</sup>

Берёзкин Михаил Юрьевич<sup>[0000-0002-6945-2131]1,4</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup>E-mail: kir1111@rambler.ru, <sup>3</sup>E-mail: olegsinyugin@yahoo.com, <sup>4</sup>E-mail: mberezkin@inbox.ru

**Аннотация.** В статье содержится оценка инвестиционных затрат, необходимых в случае перехода России к полностью безуглеродной экономике к 2060 г. Расчёты основаны на данных о текущем энергопотреблении в России и его прогнозе, с допущением, что вся потребность в энергии удовлетворяется только за счет неуглеродных энергоносителей, использованным авторами ранее для расчёта оценки инвестиционных затрат на глобальный энергетический переход. Авторы приходят к выводу, что применительно к России они составят около 400 трлн. рублей при снижении оценок до величины около 160 трлн. рублей при учёте поглощения углерода российскими лесами на уровне средних оценок. В первом случае потребуются резкое, 2-3-кратное, увеличение инвестиций в энергетику России, и в обоих случаях потребуются кардинальное изменение их структуры в пользу строительства электростанций на безуглеродных энергоносителях за счёт углеводородного сектора. В то же время, учёт поглощающей способности лесов России на уровне максимальных оценок означает, что цель углеродной нейтральности уже достигнута и не требует дополнительных инвестиций.

**Ключевые слова:** безуглеродная экономика, энергопереход, инвестиционные затраты, атомная энергетика, гидроэнергетика, ветровая энергетика, солнечная энергетика, энергетика России.

## 1 Введение

Ранее нами были проведены расчёты инвестиционных затрат на переход к полностью безуглеродной экономике в глобальном масштабе [1]. В настоящее время такого рода расчёты проводят отдельные аналитические агентства и в отношении России – в частности, аналитик ВТБ-Капитал подсчитали, что достижение углеродной нейтральности может обойтись России в величину от 100 до почти 500 трлн. рублей [2]. Мы ставим перед собой ту же задачу – оценку стоимости энергетического перехода для России, используя для её решения подход, применённый нами ранее в отношении глобальной экономики, основанный на следующих данных и допущениях:

- энергопотребление в России и его прогнозы;
- необходимость удовлетворения потребностей в энергии исключительно за счёт электростанций, работающих на неуглеродных источниках (атомных, гидроэлектростанций, ветровых и солнечных электростанций);
- инвестиционные затраты на строительство этих станций в требуемом объёме мощностей, исходя из данных об удельных инвестиционных затратах.

Для России расчёт проводится, исходя из заявленной нашей страной цели достижения углеродной нейтральности экономики к 2060 году [3], следуя Рамочной конвенции ООН по изменению климата [4] и Парижскому соглашению по климату [5]. Рассматривается несколько сценариев, с одной стороны, без учёта и с учётом способности лесов России к поглощению CO<sub>2</sub>, с другой – различных оценок энергопотребления России на перспективу.

## 2 Материалы и методы

Нами использованы статистические данные ВР, Росстата, Министерства энергетики РФ и других официальных и корпоративных источников по энергопотреблению, оценкам инвестиционных затрат для разных типов электростанций, их установленным мощностям и выработке энергии. Мы также используем собственный прогноз энергопотребления в России. На этой основе нами проводятся расчёты мощностей, необходимых для обеспечения России безуглеродной энергией, и инвестиционных затрат на их строительство.

Мы рассматриваем сценарий внутреннего энергопотребления в России до 2060 года, заявлявшегося в качестве срока перехода к безуглеродной экономике [3], при котором оно вырастет с текущих (2020) 1 105 млн. тонн условного топлива (т.у.т.) [6], или 9000 ТВтч в год до 13 000 ТВтч к 2060 году, или в 1,4-1,5 раза. Данное допущение основано на следующих исходных посылах:

1) Средние годовые темпы роста потребления первичных энергоресурсов в России в 2005-2020 гг. (рис. 1) составляли 1,1%; два периода спада потребления –

в 2009 и 2015 гг., компенсировались более высокими темпами восстановительного роста в следующие годы; экстраполяция данной величины роста даёт 12 400 ТВтч (1500 млн. т.у.т.) к 2050 году и 13 700 ТВтч (1700 млн. т.у.т.) к 2060 году;

2) Сравнение душевого энергопотребления в России, с одной стороны, и сопоставимых с ней стран - Канады, США и Австралии. Душевое энергопотребление [7] в кВтч в год составляет в России – 54 000, в Канаде – 100 000, в США – 74 000, в Австралии – 61 000. Цели экономического развития страны и роста благосостояния граждан в России диктуют рост энерговооружённости и внутреннего энергопотребления.

Отметим, что и душевая эмиссия парниковых газов [8] в CO<sub>2</sub> – эквиваленте в России ниже; в тоннах в год: в России – 11,4, в Канаде – 18,6, в США – 15,5, в Австралии – 17,1.

Следует добавить также, что производство первичных энергоресурсов в России в 1,6 – 1,7 раза превышает их внутреннее потребление; около 40% всех производимых в стране энергоресурсов идут на экспорт, и ключевым рынком их сбыта являются европейские страны. В связи с пиком политического обострения в 2022 году между Россией и Западом вероятно снижение экспортных возможностей России, что, с другой стороны, создаёт дополнительные предпосылки для роста потребления энергии внутри страны.



**Рис. 1.** Производство и потребление первичных энергоресурсов в России (по данным [6]); пунктиром обозначена линейная аппроксимация динамики производства и потребления энергоресурсов

Таким образом, в наших расчётах мы ориентируемся на годовое энергопотребление в России на уровне 13 000 ТВтч. Далее, как и в [1], мы делаем допущение,

что переход на полную углеродную нейтральность означает полное удовлетворение потребностей в данном количестве энергии только за счёт электроэнергии, производимой в данном количестве исключительно из неуглеводородных источников – на атомных (АЭС), гидравлических (ГЭС), ветровых (ВЭС) и солнечных (СЭС) электростанциях. В отличие от [1] мы допускаем, исходя из специфики энергетических ресурсов России, что в данном случае электроэнергия будет производиться в следующих соотношениях: на АЭС и ГЭС – по 40% (по 5 200 ТВтч в год), на ВЭС и СЭС – по 10% (по 1 300 ТВтч в год).

Далее мы рассчитываем требуемые для производства данного количества энергии мощности, исходя из их среднего коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) по формуле:

$$C_r = P_r / (8760 * C_f) \quad (1)$$

где:

- $C_r$  (ГВт) – требуемые мощности;
- $P_r$  (ТВтч) – требуемое производство энергии;
- $C_f$  (%) – КИУМ;
- 8760 – количество часов в году.

Использованы данные [9] по КИУМ электростанций разных типов в России. Далее из полученного общего количества требуемых мощностей мы вычитаем объём уже существующих мощностей каждого типа электростанций (также использованы данные [9]) и получаем дополнительные мощности, которые требуется построить (табл. 1).

Для простоты мы, так же, как и в предыдущих расчётах [1], не учитываем (хотя это и занижает реальные затраты) тот факт, что к 2060 году часть существующих мощностей уже будет выведена из эксплуатации и их тоже придется заменять.

В качестве примера, для атомной энергетики (табл. 1) расчет выглядит следующим образом:

- Требуемая годовая выработка электроэнергии – 5 200 ТВтч;
- КИУМ – 85%;
- Требуемые мощности –  $5\,200 / (8760 * 85\%) = 0,7$  ТВт (699 ГВт);
- Мощности, имеющиеся к настоящему времени – 30 ГВт (табл.3);
- Требуемые дополнительные мощности –  $699 - 30 = 669$  ГВт.

**Таблица 1.** Требуемые мощности электростанций для обеспечения функционирования экономики России в режиме углеродной нейтральности

1	2	3	4	5	6	7	8
АЭС	40%	5 200	85%	698	30	<b>669</b>	17
ГЭС	40%	5 200	45%	1 319	50	<b>1 269</b>	32
ВЭС	10%	1 300	30%	495	2	<b>493</b>	12
СЭС	10%	1 300	15%	989	2	<b>987</b>	25
<b>Всего</b>	<b>100%</b>	<b>13 000</b>		<b>3 502</b>	<b>83</b>	<b>3 418</b>	<b>85</b>

1 - Тип станции; 2 - Доля станций данного типа в общем производстве ЭЭ; 3 - Требуемое производство ЭЭ на станциях данного типа, ТВтч; 4 - средний КИУМ станций данного типа; 5 - Требуемые

Затем мы используем информацию о средних инвестиционных затратах на единицу (руб./кВт) установленной мощности для каждого типа электростанции и, умножая данную величину на общее количество требуемых дополнительных мощностей, получаем общую сумму требуемых инвестиционных затрат (табл. 2). Для удельных инвестиционных затрат АЭС использовались данные Росатома [10], для электростанций на основе ВИЭ – данные Минэнерго РФ [11]. Данные использовались с корректировкой в сторону некоторого уменьшения.

В качестве примера, если для атомного энергоблока средние удельные инвестиционные затраты равны 150 000 руб./кВт, или 150 млрд. руб./ГВт, при этом, требуется ввести ещё 669 ГВт АЭС (табл. 1), тогда общие инвестиционные затраты составят 100 000 млрд., или 100 трлн. рублей (табл. 2).

### 3 Результаты и обсуждение

По расчётам на основе данного подхода, итоговое значение инвестиционных затрат на переход к полностью безуглеродному энергообеспечению в России (табл. 2) составило около 400 трлн. рублей, или примерно 10 трлн рублей в год к 2060 г., что составляет порядка 8,6% номинального ВВП России 2021 г. [12]). Это примерно вдвое выше средней доли в мировом ВВП, рассчитанной нами ранее [1], что объясняется спецификой российского энергообеспечения, требующей более высоких энергозатрат вследствие большой составляющей энергоёмких отраслей в экономике, климатических условий, расстояний, структуры расселения населения и размещения производства.

Исходя из курса рубля к доллару США, равного 65, российские затраты составят около \$6 трлн., или 5% от общемировых, что примерно соответствует доли России в мировом потреблении первичных энергоресурсов [7], составляющей около 5,6%. Также цифра в 400 трлн. рублей близка к верхней границе оценки, приводимой аналитиками ВТБ [2].

**Добавлено примечание ([S1]):** Имеется в виду мировых затрат на переход к безуглеродной энергетике?

**Таблица 2.** Расчёт инвестиционных затрат на полное энергообеспечение за счёт неуглеродных источников в России

Тип ЭС	Треб.доп. мощности, ГВт (табл. 1)	Удельные инвест. затраты, млн.руб./ГВт	Всего затраты, млрд. руб.	Год. затраты до 2060 г., млрд. руб.
АЭС	669	150 000	<b>100 323</b>	4 759
ГЭС	1 269	150 000	<b>190 376</b>	2 508
ВЭС	493	85 000	<b>41 874</b>	1 047

СЭС	987	65 000	<b>64 180</b>	1 605
<b>Всего</b>	<b>3 418</b>	<b>116 077</b>	<b>396 753</b>	<b>9 919</b>

Решение данной задачи требует общего увеличения электроэнергетических мощностей неуглеродных станций на 3 400 ГВт (табл. 1), или, до 2060 года, их ежегодного роста на 85 ГВт.

В реальности, увеличение всех генерирующих электроэнергетических мощностей в России идёт со скоростью порядка 1 ГВт в год – с 243 ГВт на конец 2018 года до 247 ГВт на конец 2021 года [9], что в 80 раз меньше.

Общий объём инвестиций в ТЭК составил в 2021 году 4,4 трлн. рублей [13], что, в свою очередь, в 2,5 раза ниже объёма инвестиций только на создание неуглеродных генерирующих мощностей, требуемых для перехода к полностью безуглеродной энергетике.

Общий объём всех инвестиций в основной капитал в России в 2017-2020 гг. составлял 16-19 трлн. рублей в год [14], или всего в 1,6-1,9 раза выше требуемого только для энергетического перехода, в том числе, по позиции «обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» - порядка 1,1 трлн. рублей в год; «добыча угля, сырой нефти и природного газа» - 2,5 трлн., «производство нефтепродуктов» - 0,6 трлн. [15]; в сумме также порядка 4,0-4,5 трлн. рублей в год, при этом около 80% этой суммы приходится на углеводородный сектор, в значительной степени работающий на экспорт и производящий в 1,7 раз больше энергоресурсов, чем используется внутри страны (см. выше).

Таким образом, переход к полностью неуглеродной экономике к 2060 году потребовал бы 2-3-кратного увеличения инвестиций в ТЭК относительно нынешнего уровня. Отметим, что такой же разрыв между фактическим и требуемым для энергетического перехода объёмом инвестиций в энергообеспечение фиксируется на мировом уровне [1].

Эти оценки могут быть уменьшены, если исходить из сохранения годового энергопотребления на уровне 9 000 ТВтч. В этом случае капитальные затраты можно оценить в величину меньшую, соответственно, в 1,4 раза – порядка 275 трлн. рублей, или 7,9 трлн. (7% ВВП) в год до 2060 года, но это существенно не сокращает разрыва между требуемым и фактическим объёмом инвестиций.

#### **4 Оценки затрат на переход к углеродной нейтральности с учётом поглощения CO<sub>2</sub> естественными лесными экосистемами**

Отдельным вопросом, являющимся предметом разночтений, остаётся само понятие безуглеродной или углеродно-нейтральной экономики в силу неопределённости формулировок в отношении учёта поглощающей способности лесов [16]. В случае включения её в расчёты следует учитывать, что её оценки варьируются

в очень широком диапазоне, согласно которым чистое поглощение углерода российскими лесами составляет от 100 млн. до 700 млн. тонн углерода/год [17; 18<https://www.interfax.ru/russia/803654>], или от 400 млн. до 2500 млн.т. в CO<sub>2</sub> – эквиваленте.

Общий объём антропогенных выбросов парниковых газов в России в CO<sub>2</sub> – эквиваленте оценивается примерно в 1 700 млн. тонн [8]. При росте первичного потребления энергоресурсов с нынешних 9000 до 13 000 ТВтч в год (см. выше) с сохранением существующей структуры и технологий ТЭК этот объём можно будет оценить примерно в 2 450 млн. тонн – равным максимальным оценкам поглощающей способности лесов России.

Включая в понятие создания безуглеродной экономики учёт поглощающей способности лесов, компенсирующих антропогенные выбросы, и беря в расчёт среднее значение в пределах указанного выше интервала – порядка 1 450 млн. тонн, можно сказать, что требуется предотвращение не 2 500, а 1 000 млн. тонн годовой эмиссии CO<sub>2</sub>; соответственно, требуемый объём инвестиций можно оценить в величину, пропорционально меньшую – не 400 трлн., а около 160 трлн. рублей, или 4 трлн. рублей в год (около 3,4% ВВП страны) до 2060 года. Это сопоставимо с текущим объёмом инвестиций в ТЭК, но также потребовало бы существенного изменения направления потоков инвестиций в сторону форсированного строительства электростанций на неуглеродных источниках за счёт инвестиций в углеводородный сектор.

В то же время, в зависимости от подходов к прогнозам энергопотребления, с одной стороны, и оценкам поглощающей способности лесов России – с другой, инвестиционные затраты, требуемые для перехода к углеродно-нейтральной экономике, можно оценить в очень широком диапазоне, где 400 трлн. – верхняя граница (табл.3).

Соответственно, исходя из текущего уровня энергопотребления и связанных с ним антропогенных выбросов парниковых газов, и средних оценок их поглощения лесами, требуемый объём инвестиций для перехода к углеродной нейтральности можно оценить в величину, на порядок меньшую – около 40 трлн. рублей.

**Таблица 3.** Оценка затрат на переход России к углеродной нейтральности экономики (трлн. руб.) в зависимости от учёта поглощающей способности лесов и прогнозов энергопотребления

Потребление энергии, ТВтч/год (выбросы CO <sub>2</sub> , млн. тонн/год)	Оценка поглощающей способности лесов, млн. тонн CO <sub>2</sub> -экв/год. [17; 18 <a href="https://www.interfax.ru/russia/803654">https://www.interfax.ru/russia/803654</a> ]			
	2 500	1 450	400	Не учитывается
9 000 (1700)	-	<b>40</b>	<b>210</b>	<b>275</b>
13 000 (2450)	-	<b>160</b>	<b>335</b>	<b>400</b>

Более того, исходя из максимальной оценки поглощающей способности - на уровне 2 500 млн. тонн, можно утверждать, что поглощение CO<sub>2</sub> существенно

превышает антропогенные выбросы и, таким образом, экономика России уже является углеродно-нейтральной и даже «углеродно-отрицательной».

## 5 Выводы

Применённый ранее способ оценки стоимости перехода энергетики к полной углеродной нейтральности через представление необходимого энергообеспечения в энергетическом эквиваленте и оценку инвестиционных затрат на строительство требуемых для выработки данного количества энергии электростанций, применительно к России даёт величину около 400 трлн. рублей, или 10 трлн. рублей в год до 2060 года.

Это потребовало бы 2-3-кратного увеличения инвестиций в ТЭК относительно текущего уровня с кардинальным изменением структуры вложений в направлении форсированного строительства электростанций на неуглеродных энергоносителях за счёт производства углеводородов, на которые в настоящее время приходится большая часть всех инвестиций в ТЭК.

Учёт поглощения CO<sub>2</sub> естественными экосистемами при существующих в настоящее время средних оценках поглощающей способности российских лесов (на уровне около 1400-1500 млн. тонн CO<sub>2</sub> – эквивалента в год) снижает оценку требуемых затрат примерно в 2,5 раза до 160 трлн. рублей, или 4 трлн. рублей в год, что сопоставимо с нынешним уровнем инвестиций в ТЭК, но также потребовало бы кардинальной перестройки потока инвестиций.

В то же время, исходя из максимальных оценок поглощения парниковых газов российскими лесами, можно утверждать, что оно существенно выше антропогенных выбросов и, таким образом, экономика России уже является углеродно-нейтральной, более того – имеет существенный запас увеличения эмиссии.

### Благодарность

*Статья подготовлена в соответствии с госбюджетной темой «Географические основы устойчивого развития энергетических систем с использованием возобновляемых источников энергии» (121051400082-4).*

### Литература

1. Берёзкин М.Ю., Дегтярев К.С., Синюгин О.А. Подходы к оценке инвестиционных затрат на глобальный энергетический переход // Окружающая среда и энергосистемы. – 2022 - №1 – с. 4-17.
2. Бойко А. Аналитики подсчитали цену декарбонизации для России // Ведомости, 30 ноября 2021 г. URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2021/11/29/898145-analitiki-dekarbonizatsii> - дата обращения 09.06.2022.
3. Россия будет добиваться углеродной нейтральности к 2060 году // URL: <https://news.un.org/ru/story/2021/10/1411842> - дата обращения 09.06.2022.



4. United Nations Framework Convention on Climate Change. URL: <https://clck.ru/VtLRX> - дата обращения 09.06.2022.
5. The Paris Agreement. URL: <https://clck.ru/V7PNB> - дата обращения 09.06.2022.
6. Баланс энергоресурсов 2005-2020. Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/search?q=баланс+энергоресурсов> - дата обращения 15.06.2022.
7. Statistical Review of World Energy - 2021. BP. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> - дата обращения 15.06.2022.
8. CO<sub>2</sub> Emissions by Country. URL: <https://www.worldometers.info/co2-emissions/co2-emissions-by-country> - дата обращения 15.06.2022.
9. Отчёт о функционировании ЕЭС России в 2021 году. Системный оператор Единой Энергетической системы. URL: [https://www.so-eps.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2022/ups\\_rep2021.pdf](https://www.so-eps.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2022/ups_rep2021.pdf) - дата обращения 15.06.2022.
10. Росатом... URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2022/01/25/121255> - дата обращения 15.06.2022.
11. Министерство энергетики РФ... URL: <https://minenergo.gov.ru/node/489> - дата обращения 15.06.2022.
12. Национальные счета. Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> - дата обращения 15.06.2022.
13. Новак заявил, что объем инвестиций в ТЭК в 2021 году составил 4,4 трлн рублей. ТАСС. URL: [https://tass.ru/ekonomika/14154959?utm\\_source=yandex.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=yandex.ru&utm\\_referrer=yandex.ru](https://tass.ru/ekonomika/14154959?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru) - дата обращения 15.06.2022.
14. Росстат. URL: <https://fedstat.ru/indicator/59047> - дата обращения 15.06.2022.
15. Инвестиции в основной капитал в Российской Федерации по видам экономической деятельности. Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab-inv-okved.htm> - дата обращения 15.06.2022.
16. Замолдчиков Д.Г. Углеродный цикл и изменения климата // Окружающая среда и энерговедение. – 2021. - №2. – с.53-69.
17. Замолдчиков Д. Г., Грабовский В. И., Курц В. А. Влияние объемов лесопользования на углеродный баланс лесов России: прогнозный анализ по модели cbm-cfs3 // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. — 2014. — № 1. — С. 5–18.
18. BCG заявила, что поглощающая способность лесов РФ недооценена. Interfax. URL: <https://www.interfax.ru/russia/803654> - дата обращения 15.06.2022.

## References

1. Berezkin M., Degtyarev K., Sinyugin O. An Approach to the Estimation of Investment Costs for the Global Energy Transition // Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES). – 2022. – №1 – p. 4-17.
2. Bojko A. Analitiki podschital cenudekarbonizacii dlya Rossii // Vedomosti, 30 November 2021. URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2021/11/29/898145-analitiki-dekarbonizatsii> - reference date 09.06.2022.
3. Rossiya budet dobivat'sya uglerodno nejtral'nosti k 2060 godu // URL: <https://news.un.org/ru/story/2021/10/1411842> - reference date 09.06.2022.
4. United Nations Framework Convention on Climate Change. URL: <https://clck.ru/VtLRX> - reference date 09.06.2022.

5. The Paris Agreement. URL: <https://clck.ru/V7PNB> - reference date 09.06.2022. - reference date 09.06.2022.
6. Balance of Energy Resources 2005-2020. Rosstat. URL: <https://rosstat.gov.ru/search?q=баланс+энергоресурсов> - reference date 15.06.2022.
7. Statistical Review of World Energy - 2021. BP. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> - reference date 15.06.2022.
8. CO<sub>2</sub> Emissions by Country. URL: <https://www.worldometers.info/co2-emissions/co2-emissions-by-country> - reference date 15.06.2022.
9. Otchyot o funkcionirovanii EES Rossii v 2021 godu. Sistemny operator EdinojEnergeticheskoy sistemy. URL: [https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2022/ups\\_rep2021.pdf](https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2022/ups_rep2021.pdf) - reference date 15.06.2022.
10. Rosatom... URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2022/01/25/121255> - reference date 15.06.2022.
11. Ministerstvoenergetiki RF... URL: <https://minenergo.gov.ru/node/489> - reference date 15.06.2022.
12. National accounts. Rosstat. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> - reference date 15.06.2022.
13. Novak zayavil, chtoob"eminvesticij v TEK v 2021 godusostavil 4,4trlnrublej. TASS. URL: [https://tass.ru/ekonomika/14154959?utm\\_source=yandex.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=yandex.ru&utm\\_referrer=yandex.ru](https://tass.ru/ekonomika/14154959?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru) - reference date 15.06.2022.
14. Rosstat. URL: <https://fedstat.ru/indicator/59047> - reference date 15.06.2022.
15. Investicii v osnovnojkapital vRossijskojFederaciipovidamekonomicheskoydeyatelnosti. Rosstat. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab-inv-okved.htm> - reference date 15.06.2022.
16. Zamolodchikov D. Carbon Cycle and Climate Change // Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES). – 2021 - №3 – p. 53-69.
17. Zamolodchikov D. G., Grabovskij V. I., Kurc V. A. Vliyanieob"emovlesopol'zovaniyanauglerodnyjbalanslesovRossii: prognoznyjanalizpomodeli cbm-cfs3 // Trudy Sankt-Peterburgskogonauchno-issledovatel'skogoinstitutalesnogohozyajstva. — 2014. — № 1. — p. 5–18.
18. BCG zayavila, chtopogloshchayushchayasposobnost' lesov RF nedoocenena. Interfax. URL: <https://www.interfax.ru/russia/803654> - reference date 15.06.2022.

## Estimations of the Investment Costs for Transition to Carbon-Free Economy in Russia by 2060

.Kirill Degtyarev<sup>1,2</sup>, Oleg Sinyugin<sup>1,3</sup>Mikhail Berezkin<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>2</sup>E-mail:kir1111@rambler.ru, <sup>3</sup>E-mail:olegsinyugin@yahoo.com, <sup>4</sup>E-mail:mberezkin@inbox.ru

**Abstract.** The article contains an estimation of the investment costs that are necessary in the case of entire non-carbon energy transition in Russia by 2060. The evaluations are based on a data on the current energy consumption in Russia and its forecasts, with an assumption that all the energy needs are to be satisfied with only non-carbon energy carriers the authors used earlier when estimating capital expenditures for the global energy transition. The authors concluded that in Russia they amount some 400 trillion rubles, and these evaluations can be decreased to 160 trillion rubles in the case absorption of CO<sub>2</sub> by the Russian forests under the medium estimations is taken into account. The first case requires a sharp, 2-3-fold increase of investments into Russian energy sector, and the both cases require a cardinal change of their structure in favor of non-carbon power stations at the expense of the hydrocarbon sectors.

At the same time, maximal estimation of the forests' absorption ability could mean that the goal of carbon neutrality has already achieved and it requires no additional investments.

**Keywords:** carbon-free economy, energy transition, investment costs, nuclear energy, hydro energy, wind energy, solar energy, energy industry of Russia

### Acknowledgment

*The article was prepared in accordance with the state budget theme "Geographical foundations of sustainable development of energy systems using renewable energy sources" (121051400082-4).*