

УДК 338.001.36

**Бабикова Анна Алексеевна,**  
студент,  
кафедра экономической теории и экономической политики,  
Институт экономики и управления,  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б. Н. Ельцина»  
г. Екатеринбург, Российская Федерация

**Карасс Всеволод Олегович,**  
студент,  
кафедра экономической теории и экономической политики,  
Институт экономики и управления,  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б. Н. Ельцина»  
г. Екатеринбург, Российская Федерация

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ**

### *Аннотация:*

В современном мире как никогда повышается актуальность вопроса экологических способов получения электроэнергии, при этом важным является сохранение стабильного роста производства и потребления. Таким образом, общество встает перед выбором способа получения электроэнергии без ущерба для окружающей среды. Данная статья нацелена на оценку и сравнение атомной энергетики с другими доступными «зелеными» источниками. В результате авторы пришли к выводу о перспективности АЭС. Поскольку для обеспечения того же объема энергии, что АЭС, номинальная мощность ветряных и солнечных электростанций должна быть в 3-5 раз больше, но и при достижении этого нет возможности выдавать эту мощность стабильно, так как сильно зависят от погодных условий и времени суток. Экономический же эффект атомной энергетики связан с низкой долей топлива в структуре затрат на производство, а также возможности опреснения воды на ядерных установках.

### *Ключевые слова:*

ядерная энергетика, атомная энергетика, потенциал атомной энергетики, экология, экономический аспект электроэнергетики.

### *Актуальность*

К XXI веку люди столкнулись со множеством экологических проблем, вызванных ростом населения планеты, производством и увеличением потребления. Так, в контексте экологии развитие атомной энергетики играет одну из наиболее значимых ролей в сокращении уровня загрязнения окружающей среды в процессе производства электроэнергии.

Отмечается, что сжигание углеводородных энергоносителей (в промышленности, транспортной сфере и быту) является одной из причин глобального потепления, которое наблюдается с середины XX века, что делает актуальным вопрос перехода на экологически чистые источники энергии.

Поскольку в наши дни переход на термоядерную энергетику невозможен, рассмотрим именно атомную энергетику в сравнении с другими «зелеными» источниками

электроэнергии, способную решить глобальные экологические и энергетические проблемы населения [1].

Начнем с того, что в своей современной форме развитие атомной энергетики началось в период холодной войны (с середины XX века) и является ее наследием. Основной задачей этого источника энергии в тот период времени было производство и накопление ядерных материалов, с целью чего были созданы и существующие ныне станции базе уран-плутониевого цикла. Помимо этого, считалось, что АЭС – наиболее безопасные и стабильные источники энергии [2].

Дополнительный толчок развитию атомной энергетики придал энергетический кризис 1970-х годов, вызванный одновременно ростом потребностей в электроэнергии и введенным эмбарго на нефть, вызвавшим рост цен на энергоносители. Именно поэтому мировая доля энергии, получаемой на АЭС, возросла в середине прошлого века до 17% в мире, а в некоторых странах и вовсе стала основным источником. [2]

Главным преимуществом АЭС в сравнении с угольными и газовыми ТЭС является их практически полная независимость от местоположения источников энергии, что позволяет располагать их в любых местах, не привязывая к месторождениям (поскольку 0,5 кг ядерного топлива дает возможность извлечь количество энергии, как при сжигании 1000 т каменного угля).

Во-вторых, преимуществом АЭС является и экологическая чистота относительно других источников. Так, на ТЭС суммарные годовые выбросы вредных токсичных и парниковых веществ (в которые входят сернистый газ, оксиды азота, оксиды углерода, углеводороды, альдегиды и золовая пыль) на 1000 МВт установленной мощности составляют примерно 13 000 т в год на газовых и порядка 165 000 т на угольных станциях, в то время как на АЭС подобные выбросы отсутствуют. При этом удельная радиоактивность выбросов ТЭС в несколько раз выше, чем для АЭС [3].

В докладе 2014 года о ядерной энергетике говорится, что в мире действует 388 ядерных реакторов, общая мощность которых составляет 333ГВт. АЭС используются в 31 стране мира (при этом российская компания «ТВЭЛ» поставляет топливо для 73 реакторов, что составляет 17% рынка), но при этом в общемировом производстве электроэнергии доля атомной остаётся малой – всего 10,8 % (2013 год) [4], а к 2021 году и вовсе немного снизилась в относительном выражении, составив всего 10,3% [5]. Распределение долей всех источников энергии показано на Рисунке 1.



Рисунок 12 – Структура различных источников в мировом производстве электроэнергии в 2019 году, составлено по [5]

Как можно заметить по Рисунку 1, уголь по-прежнему остается основным источником энергии, несмотря на то что этот способ является наиболее вредным для

экологии и лидирует по количеству выбросов. Такое явление можно объяснить стабильностью этого источника энергии, а также снижением, хоть и небольшим, его стоимости.

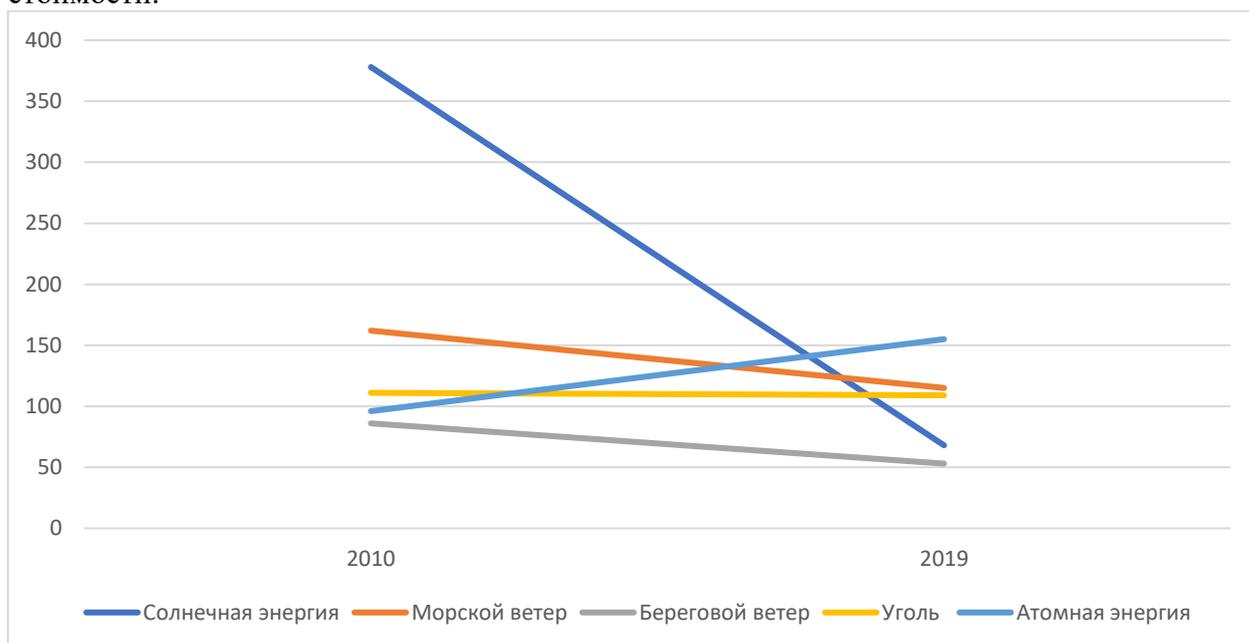


Рисунок 13 – Динамика стоимости возобновляемой энергии, в долларах за мегаватт-час (\$/МВт-ч), составлено по [6]

Следует отметить, что в большинстве стран, в связи озабоченностью экологической ситуацией, потребление угля все же сокращается (или остается примерно на одном уровне), несмотря на увеличение производства. Так, среди 10 крупнейших производителей угля, его производство существенно наращивали с 2008 по 2013 года только КНР и Индонезия, в то время как в остальных 8 странах (США, Индия, Австралия, Россия, ЮАР, Германия, Польша, Казахстан) оно или сокращалось, или показывало примерно тот же уровень [7].

В связи с этим повышается актуальность вопроса о альтернативных источниках энергии, наносящих малый вред экологии и способных стабильно производить достаточное количество энергии. Поэтому вернемся к первоначальному вопросу и сравним атомную энергетику с другими «зелеными» источниками, в первую очередь – ветряные и солнечные. [8]

Рассмотрим для начала ветряную энергетику. Как можно заметить на Рисунке 2, стоимость МВт-ч значительно снизилась только для береговых ветряных электростанций. Их минус в том, что для работы они должны находиться в непосредственной близости к воде (и, желательно, - на хребтах гор или возвышенностях), что делает невозможным их постройку в любом месте, а как следствие – дает возможность обеспечивать электроэнергией лишь малую часть населения.

Итак, как можно заметить по карте (Рисунки 3, 4), что потенциал ветряной энергии очень низок почти на всей территории Европы и России.

Такая же ситуация наблюдается и для США. Лишь в северных регионах (Канада, Россия, Гренландия (автономная территория Дании)) энергетический потенциал относительно высок. [9]

Аналогичная ситуация наблюдается и с солнечной энергетикой. Данный источник не способен обеспечить необходимое количество электричества в большинстве регионов (Рисунок 5)

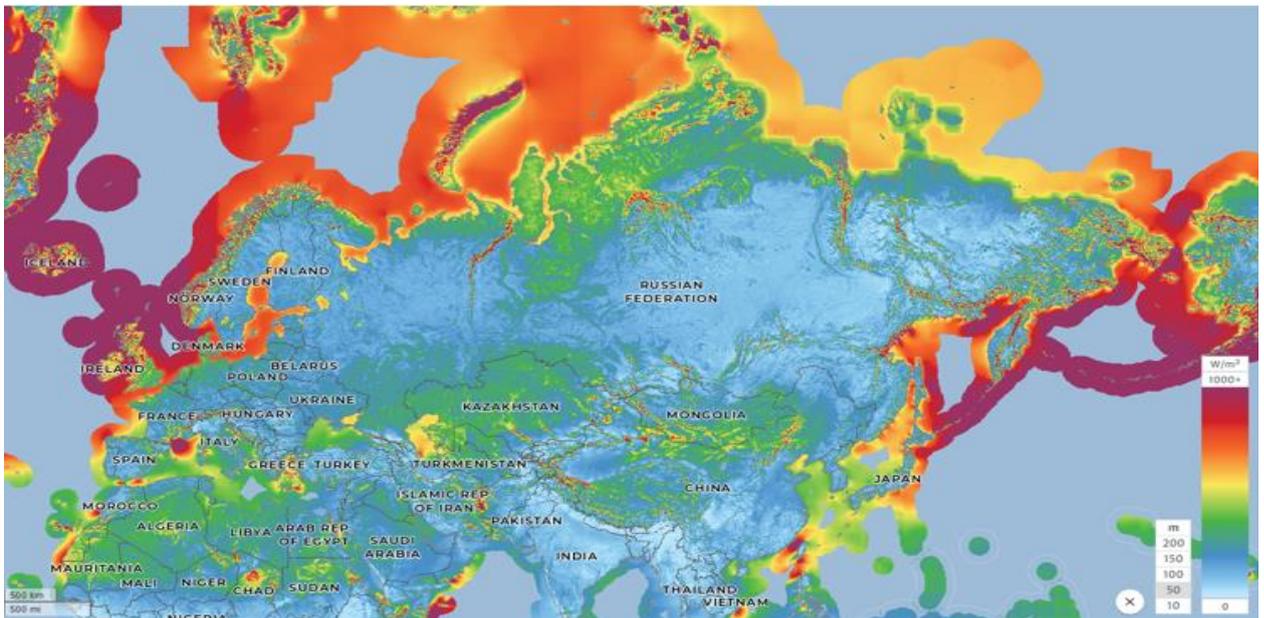


Рисунок 3 – Потенциал ветряной энергии (Россия, Европа, Азия) (Вт/м<sup>2</sup>) [9]

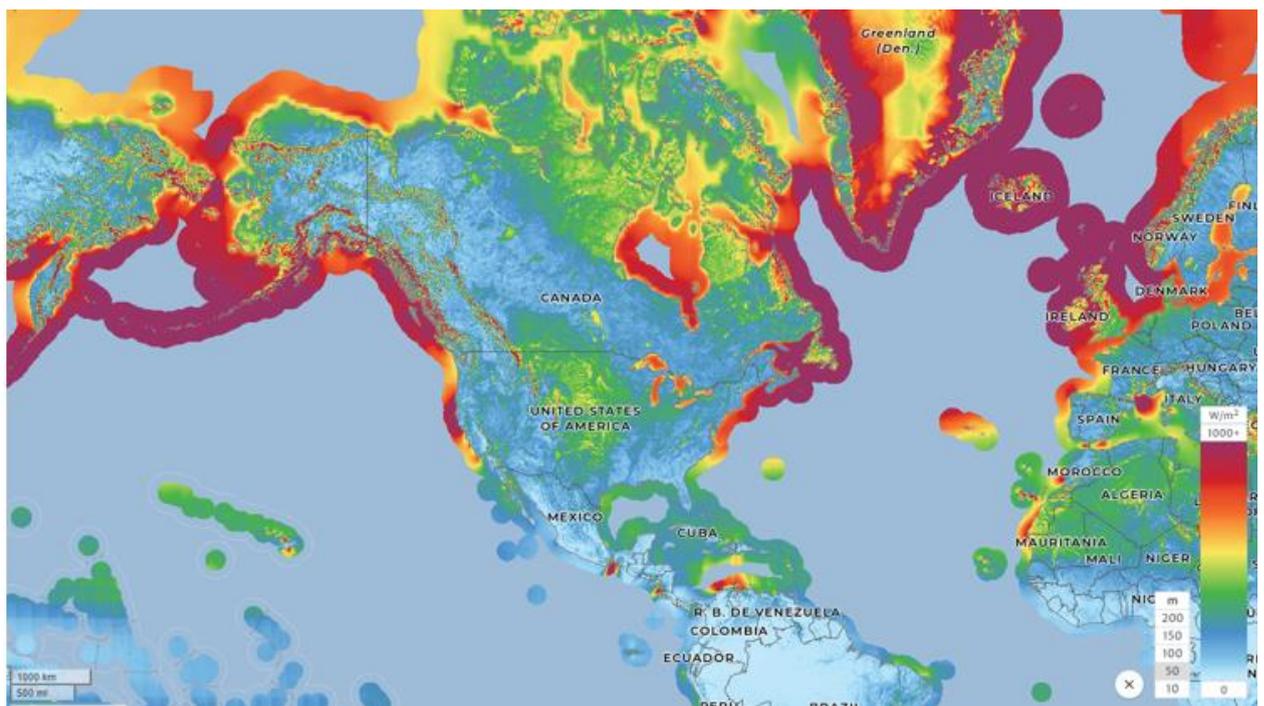


Рисунок 4 – Потенциал ветряной энергии (США, Канада, Гренландия (автономная территория Дании)) (Вт/м<sup>2</sup>) [9]

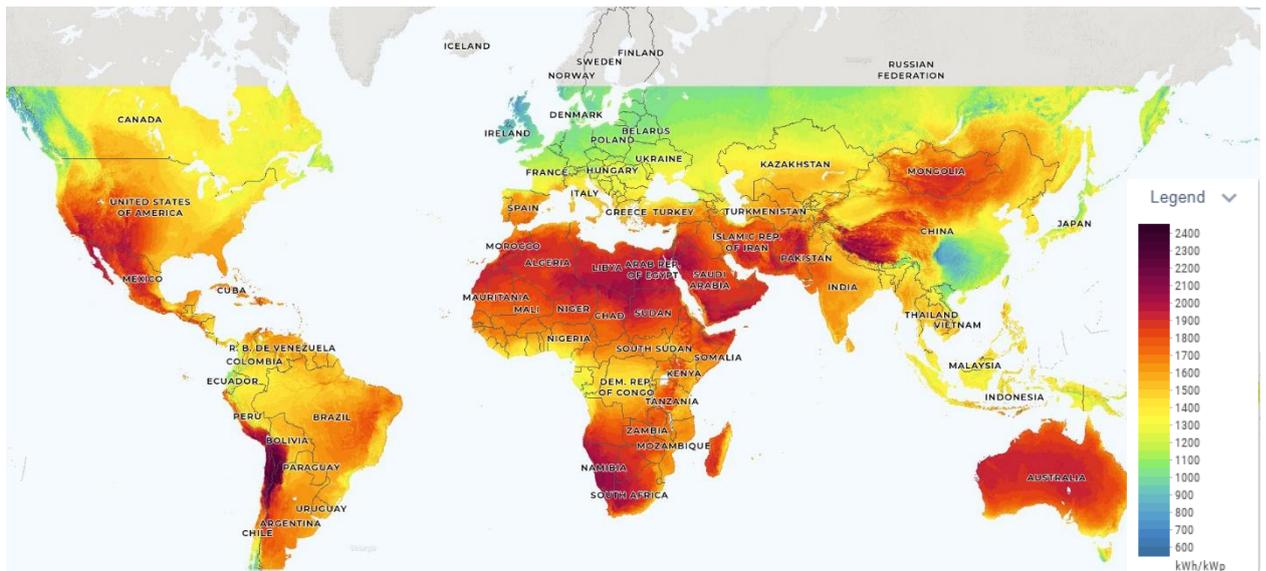


Рисунок 5 – Потенциал солнечной энергии (Мир) (серый цвет – данные отсутствуют) (кВт·ч/кВтП) [10]

Также как и ветряная энергетика, солнечная зависит от погодных условий, на которые не может повлиять человек. Более того, можно отметить, что солнечная энергия, как очевидно, зависит от времени суток и количества солнечных дней в году, при этом, основное потребление электроэнергии приходится на периоды, когда естественное освещение отсутствует, из-за чего возникает необходимость производства аккумуляторов, способных накапливать электроэнергию.

Кроме того, стоит учитывать такой показатель как коэффициент использования установочной мощности (сокращенно КИУМ). Он показывает эффективность работы предприятий электроэнергетики. Рассчитывается как отношение среднеарифметической мощности к установленной мощности электроустановки за определенный интервал времени) [11]. Так, при наличии двух электростанций – атомной и солнечной, с одинаковой номинальной мощностью (720000 МВт·ч/месяц), при этом солнечная электростанция выработает лишь 15-30% от этого значения, поскольку непосредственно зависима от солнца. Этот показатель и будет ее КИУМ.

В Таблице 1 представлены данные по выработке электричества в США с 2012 по 2021 год.

Таблица 1 – Среднегодовые значения КИУМ в США с 2012 по 2021 год, составлено по [12]

год	Ветряные ЭС	Солнечные ЭС		АЭС
		Фотогальванические	Термальные (башенного типа)	
2012	31.8%	20.4%	23.6%	86.6%
2013	32.4%	24.5%	17.4%	90.8%
2014	34.0%	25.6%	18.3%	91.7%
2015	32.2%	25.5%	21.7%	92.3%
2016	34.5%	25.0%	22.1%	92.3%
2017	34.6%	25.6%	21.8%	92.3%
2018	34.6%	25.1%	23.6%	92.5%
2019	34.4%	24.3%	21.2%	93.4%
2020	35.3%	24.2%	20.6%	92.4%
2021	34.6%	24.6%	20.5%	92.7%

Как можно увидеть, КИУМ для солнечной энергетики в 2021 году составил 24,6%, а для солнечной энергетики башенного типа даже меньше – всего 20,5%. Ситуация с ветряными электростанциями обстоит лучше – 34,6%, но даже это значение ниже, чем для гидроэлектростанций (для которых КИУМ составил 37,1%) [12]

При этом КИУМ для ядерной энергетики в тот же год составил 92,7%, вместе с этим, в январе 2020 года значение этого показателя составило 101,6% [12]. Объяснение этому достаточно простое. Так, ядерные реакторы, рассчитанные на 1000 МВт мощности, способны выдавать больше этого значения. Таким образом, для получения того же количества энергии, которое предоставляют АЭС, придётся строить солнечные и ветряные электростанции с номинальной мощностью в 3-5 раз превышающую АЭС.

Таблица 2 – Номинальная мощность электростанций в США 2012 – 2021 год, ГВт, составлено по [12]

	Ветряные ЭС	Солнечные ЭС		АЭС
		Фотогальванические	Термальные (башенного типа)	
2012	49,458.0	1,527.1	476.0	101,166.0
2013	59,175.6	3,525.2	552.1	99,006.8
2014	60,587.8	6,555.6	1,445.3	98,569.3
2015	67,106.2	9,521.6	1,697.3	98,614.6
2016	74,162.7	14,161.4	1,757.9	99,364.8
2017	83,355.6	21,940.9	1,757.9	99,619.5
2018	89,228.5	27,143.3	1,757.9	99,605.2
2019	97,564.8	31,840.8	1,758.1	98,836.7
2020	107,387.7	39,458.1	1,747.9	97,238.3
2021	123,937.5	51,047.1	1,631.0	95,747.9

Как видно из Таблицы 2 номинальная мощность ветряных электростанций в 2021 году в США уже превышала АЭС, но при этом вырабатывала меньшее количество электроэнергии.

Таким образом, для обеспечения того же объема энергии, что могут выдавать АЭС, номинальная мощность ветряных и солнечных электростанций должна быть в 3-5 раз больше (что позволит догнать АЭС по общей выработке), но, даже при достижении таких показателей, нет возможности выдавать эту мощность стабильно они не смогут, так как сильно зависят от погодных условий и времени суток.

Перейдем к экономическому аспекту данной проблемы. Повышение интереса к атомной энергетике связано также и с низкой долей топлива в структуре затрат на производство (из-за чего АЭС становятся поставщиком электроэнергии с наименьшими издержками в большинстве стран). Так, расходы на природный уран составляют около 5% от совокупных затрат на производство, что позволяет относительно защитить производителей от колебаний цен на сырье. [13]

Также одной из перспектив применения атомной генерации является возможность опреснения воды на ядерных установках. Данная экстерналия способна помочь частично решить вопрос дефицита пресной воды в определённых регионах. [14]

Недостатками с экономической стороны являются высокие капитальные затраты, длительный срок строительства и окупаемости. Так, капитальные затраты могут составить более 60% полной приведенной стоимости, чем и обусловлена высокая цена атомной энергетики на приведенном ранее графике (Рис. 2).

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что атомная энергетика является наиболее безопасным для экологии и при этом стабильным источником электроэнергии,

способным удовлетворить спрос населения планеты. Несмотря на высокую стоимость при строительстве АЭС, в долгосрочной перспективе этот источник также является выгодным из-за низких затрат на сырье, высокого коэффициента использования установочной мощности, практически полной независимости от расположения (исключениями являются, разве что, регионы с высокой опасностью землетрясений, но и эта проблема разрешима). Эти факторы делают развитие атомной энергетики наиболее перспективным направлением среди других «зеленых» источников энергии.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горин Н. В., Екидин А. А., Головихина О. С. Атомная энергетика в национальных проектах России // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. – 2021. – №. 1. – С. 5-15.
2. Жизнин С. З., Тимохов В. М. Геополитические и экономические аспекты развития ядерной энергетики // Вестник МГИМО. 2015. №4 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geopoliticheskie-i-ekonomicheskie-aspekty-razvitiya-yadernoy-energetiki> (дата обращения: 13.04.2022).
3. Основы современной энергетики (*The basis of contemporary energy*). РАН, Е. В. Аметистова. – Издательский дом МЭИ, 2008. 472 с.
4. Schneider M., Froggatt A. The World Nuclear Industry Status Report 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.worldnuclearreport.org/-2014-.html>. (дата обращения – 12.04.2022)
5. Данные с сайта Международного энергетического агентства // URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-gross-electricity-production-by-source-2019>
6. Данные с электронного ресурса Statista // URL: <https://www.statista.com/chart/26085/price-per-megawatt-hour-of-electricity-by-source/>
7. Данные с сайта Международного энергетического агентства // URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics>
8. Жизнин С. З., Тимохов В. М. Геополитические и экономические аспекты развития ядерной энергетики // Вестник МГИМО. 2015. №4 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geopoliticheskie-i-ekonomicheskie-aspekty-razvitiya-yadernoy-energetiki> (дата обращения: 13.04.2022).
9. Данные с электронного ресурса Global Wind Atlas // URL: <https://globalwindatlas.info>
10. Данные с электронного ресурса Global Solar Atlas // URL: <https://globalsolaratlas.info/map>
11. Государственный стандарт «ГОСТ 19431-84» // URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005816>
12. Данные с электронного ресурса Independent Statistics Analysis // URL: [https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm\\_table\\_grapher.php?t=epmt\\_6\\_07\\_b](https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php?t=epmt_6_07_b)
13. Галковская, В. Е. Применение зарубежного опыта оценки стоимости ядерной энергии в российской практике / В. Е. Галковская, Ю. В. Вертакова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2019. – Т. 9. – № 6(35). – С. 104-114. – EDN FOWNBX.
14. World Energy Outlook 2016, Global Energy Trends // OECD/EIA. 2016. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2016> (дата обращения: 03.09.2019).

**Babikova Anna A.,**

student,

Department of Economic Theory and Economic Policy,

Institute of economics and management,

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Ural Federal University named after the first

President of Russia B. N. Yeltsin  
Yekaterinburg, Russian Federation

**Karass Vsevolod O.,**

student,

Department of Economic Theory and Economic Policy,

Institute of economics and management,

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin"

Yekaterinburg, Russian Federation

## **ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS OF NUCLEAR POWER: A COMPARATIVE ANALYSIS**

*Abstract:*

In the modern world, the urgency of the issue of environmentally friendly methods of generating electricity is increasing more than ever, while maintaining a stable growth in production and consumption is important. Thus, society faces the choice of a way to generate electricity without harming the environment. This article aims to evaluate and compare nuclear energy with other available green sources. As a result, the authors came to the conclusion that nuclear power plants are promising. Since in order to provide the same amount of energy as a nuclear power plant, the rated power of wind and solar power plants should be 3-5 times greater, but even when this is achieved, it is not possible to produce this power stably, since they are highly dependent on weather conditions and time of day. The economic effect of nuclear energy is associated with a low share of fuel in the structure of production costs, as well as the possibility of water desalination at nuclear installations.

*Keywords:*

nuclear power, potential of nuclear power, ecology, economic aspect of electric power.