

Перспективы развития атомной энергетики в Российской Федерации в контексте глобального энергетического перехода

Ивкова Екатерина Анатольевна, Катаев Алексей Сергеевич
МГИМО

РЕЗЮМЕ

В 2015 г. было подписано Парижское соглашение, цель которого – сокращение эмиссии парниковых газов, более 78,9% которых приходится на энергетический сектор. Предпосылками энергоперехода также являются истощаемость ресурсов, угроза «голландской болезни», износ «традиционных» электростанций, последствия выработки соединений азота и серы.

Россия занимает четвертое место в мире по выработке ядерной энергии. Доля атомных электростанций в общей выработке электроэнергии в 2021 г. составила 19,96%, в мире – 10%. Ввиду пандемии Covid-19 производство электроэнергии и добыча урана сократились повсеместно, однако уже к 2021 г. отрасль восстановила объемы выработки.

Перспективными направлениями развития атомной энергетики в России являются: реконструкция имеющихся станций, развитие

атомной энергетики на Чукотке, Забайкальском крае, республике Бурятия, Красноярском крае. География страны позволяет безопасно строить новые АЭС благодаря расположению в пределах евразийской литосферной плиты. В Российской Федерации имеются крупные залежи урана. Тем не менее, зависимость от импортного оборудования, строительных материалов и социально-экономические особенности страны негативно влияют на развитие ядерной промышленности.

В современных реалиях Российской Федерации необходимо бороться с зависимостью от истощаемых ресурсов, диверсифицировать энергетическую отрасль, сокращать вредные выбросы, модернизировать станции, уменьшая производственные издержки. Сможет атомная энергетика стать «зеленым» будущим нашей страны в контексте энергетического перехода?

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

энергетический переход; АЭС; ядерная энергетика; Covid-19; уран

Prospects for the Development of Nuclear Energy in the Russian Federation in the Context of the Global Energy Transition

Ivkova Ekaterina Anatolyevna, Kataev Alexey Sergeevich
MGIMO

ABSTRACT

The Paris Agreement was signed in 2015 and its purpose is to reduce the greenhouse emissions. The energy sector is accountable for more than 78.9% of them. The reasons for energy transfer are also the depletion of resources; the threat of “Dutch disease”; wear of “traditional” power plants; the consequences of the of nitrogen and sulfur compounds emissions.

The Russian Federation ranks 4th in the world in the production of nuclear energy, The share of nuclear power plants in total electricity generation in 2021 was 19.96%, in the world – 10%. Due to the Covid-19 pandemic, electricity production and uranium mining have declined globally, but by 2021 the industry has bounced back.

Promising areas of nuclear energy development in Russia are the reconstruction

of existing plants and the development of nuclear power plants in Chukotka, the Trans-Baikal region, the Republic of Buryatia, and the Krasnoyarsk region. The geographical features make it possible to safely build new nuclear power plants they are situated within the Eurasian lithospheric plate. There are rich deposits of uranium in the Russian Federation. Nevertheless, the dependence on imported equipment, construction materials and the socio-economic features of the country stifle the development of the nuclear industry.

It is necessary to overcome dependence on depleted resources, diversify the energy complex, reduce harmful emissions, and modernize power plants to reduce production costs. Is nuclear power likely to become the “green” future of our country in the context of the energy transition?

KEYWORDS

energy transition; nuclear power plants; nuclear power; Covid-19; uranium

Contact the authors via rinaivkova@gmail.com , alexkat2002@gmail.com

Энергетический переход нацелен на решение климатической проблемы путем отказа от ископаемых видов топлива и расширения использования возобновляемых источников энергии. Россия богата углеводородами, которые активно используются для получения электроэнергии традиционными методами, но несмотря на их обширные залежи на территории нашей страны, они исчерпаемы. Необходимо найти альтернативу, стабильную, экономически эффективную и наиболее экологически нейтральную. Наиболее перспективная из них – атомная энергетика. Доля ядерной электроэнергии от всего производимого в стране электричества составляет 20%.^[1] Согласно мнению участников Всемирной ядерной ассоциации, сильная сторона российской атомной электроэнергетики — развитие технологий, основанных на быстрых нейтронах.^[2]

Цель статьи – доказать, что более активное применение ядерной электроэнергетики в совокупности с альтернативными источниками энергии в регионах, где невозможно возвести АЭС, является наиболее рациональной моделью энергоперехода в России.

Авторы статьи ставят перед собой следующие задачи:

1. Рассмотреть причины энергетического перехода.
2. Рассмотреть уровень развития ядерной электроэнергетики в Российской Федерации.
3. Проанализировать возможные

направления развития атомной энергетики в России.

4. Рассмотреть положительные и негативные стороны широкого применения ядерной электроэнергетики.
5. Рассмотреть оправданность с экологической и экономической точки зрения ядерной электроэнергетики в энергетическом переходе для Российской Федерации.

В работе были применены следующие методы исследования: анализ литературы и абстрагирование с целью изучения текущей ситуации в России; сравнение для рассмотрения эффективности работы АЭС; матричный метод (применение диаграмм и карт) для наглядного представления информации; статистический анализ для демонстрации динамики развития отрасли.

В основу статьи легла работа Вацлава Смила «Энергетические переходы: история, требования, перспективы» как одна из наиболее полно раскрывающих рассматриваемую тематику.

Энергетический переход – это процесс замены высоко углеродосодержащих типов ископаемого топлива менее углеродосодержащими альтернативами. За время своего существования человечество прошло не один энергетический переход. Первый энергопереход ознаменовал уход от использования биомассы в качестве топлива к углю ввиду распространения паровых двигателей. Второй энергетический переход

[1] Генерация электроэнергии // РОСАТОМ. – 2022. – URL: <https://rosatom.ru/production/generation/> (дата обращения 31.06.2022).

[2] Сидоров И.И. Головной блок нового поколения БН-800. Особенности ввода в эксплуатацию. Материалы 10й Международной научно-технической конференции «Безопасность, эффективность и экономика атомной отрасли» // Пресс-служба «Росэнергоатом». – 2016. – URL: http://mntk.rosenergoatom.ru/mediafiles/u/files/2016/Materials_2016/Plenar_rus/Golovnoj_blok_novogo_pokoleniya_Osobennosti_VE.pdf (дата обращения 28.06.2022).

заклучался в замещении угля нефтью. На смену паровым двигателям пришли более производительные и экономичные двигатели внутреннего сгорания. Третий энергопереход был осуществлен благодаря внедрению в промышленность природного газа, что значительно удешевило стоимость электроэнергии. В четвертом энергопереходе вместо узконаправленной технологической революции наблюдается каскад прорывов в повышении энергоэффективности и уменьшении выбросов: освоение ВИЭ, внедрение систем улавливания углерода и др.^[3] Более 78,9% выбросов парниковых^[4] газов приходится на энергетический сектор, что означает необходимость реструктуризации текущей энергетической системы.

Роль атомной электроэнергетики в процессе энергоперехода значительна, что доказывает А.Лихачев, гендиректор Росатома, на полях World Nuclear Exhibition (WNE) 2021.^[5]

- На весь жизненный цикл АЭС приходится самое низкое количество выбросов среди всех видов чистой энергетики – 5,5 г CO₂-эквивалента на кВт/ч;

- Уже работающие АЭС в мире позволяют предотвратить выбросы CO₂ в объеме, сравнимом с поглощающей способностью всех лесов планеты;

- В России атомная энергетика является самым крупным источником чистой энергии, по итогам 2020 г.;

- Доля АЭС в энергокорзине достигла 20,3%.

В 2015 г. было подписано Парижское соглашение, целью которого является сокращение уровня эмиссии парниковых газов.^[6] При этом энергетический переход необходим для нашей страны и по другим причинам. Во-первых, одной из главных причин является истощаемость ресурсов. При настоящих темпах добычи и потребления без открытия новых месторождений обеспеченность всех запасов нефти составляет 59 лет, природного газа — 103 года.^[7] Во-вторых, энергетический переход обоснован необходимостью структурной диверсификацией^[8], подразумевающей изменение в российском энергопотреблении в пользу «чистой» энергии, а также переход к экспорту неуглеродного топлива и технологий.

[3] Smil V. Energy Transitions: Global and National Perspectives (Second expanded and updated edition). Praeger; 2 edition. – М.: ABC-CLIO. – 2016 – С. 282.

[4] Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. Октябрь 2020. Экология и экономика: тенденция к декарбонизации // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации официальный сайт. – 2022. – URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/BRE/_%D0%BE%D0%BA%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C_web.pdf (дата обращения 29.05.2022).

[5] Лихачев А. Перед WNE-2021: атомная энергетика может сыграть существенную роль в энергопереходе. // Neftegaz.RU: официальный сайт. – 30.11.2021. – URL: <https://neftegaz.ru/news/nuclear/712777-a-likhachev-atomnaya-energetika-mozhet-sygrat-sushchestvennuyu-rol-v-energoperekhode> (дата обращения 29.05.2022).

[6] The Paris Agreement // Организация Объединенных наций : официальный сайт. – URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement> (дата обращения 28.05.2022).

[7] Минприроды: запасов нефти в России хватит на 59 лет, газа — на 103 года // Коммерсантъ: официальный сайт. – 2022. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4802878> (дата обращения 25.06.2022).

[8] Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 год // Министерство энергетики РФ. – 2020. – С.6. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения 13.11.2022).

На 2021 г. доля продукции ТЭК составляет 54.3%^[9] от всего объема экспорта. В-третьих, энергетический переход важен с точки зрения сокращения издержек, вызванных моральным износом и технологической отсталостью электростанций. Необходимо выбирать альтернативы, имеющие наиболее высокий коэффициент КИУМ. В-четвертых, существует проблема простаивающих станций, имеющих объемы выработки, которые не способен потребить регион базирования. Каждая дополнительная остановка и последующий пуск наносят значительный ущерб агрегатам станции, а также экономически невыгодны ввиду трудоемкости процесса и его продолжительности.^[10] В-пятых, проблемой методов производства электроэнергии, основанных на сжигании углеводородов, является выработка вредных соединений азота и серы, что приводит к повышению Р_h среды. Более агрессивная среда губительна для флоры и фауны, инфраструктуры и здоровья человека. Выработка парниковых газов препятствует отражению тепла солнечного излучения, что вызывает катаклизмы мирового масштаба. В России ежегодно выбрасывается в атмосферу 788,6 млн. т. парниковых

газов^[11], что составляет более 80% всех выбросов в стране^[12].

Правительство утвердило Стратегию социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. Данная стратегия предполагает два сценария развития: инерционный и интенсивный. Первый предполагает снижение доходов бюджета от сокращения энергетического экспорта, медленный переход на новые технологии, отставание в переходе на «зеленую энергетику» и отсутствие целей по достижению углеродной нейтральности. Этот сценарий не рассматривается в качестве основного. Целевым признается сценарий интенсивного развития. Он предполагает снижение доли традиционных отраслей экономики (добыча полезных ископаемых, сельское хозяйство и тд) в ВВП страны на 9,4 процентных пункта к 2050 г.^[13] Доля высокотехнологичных отраслей наоборот вырастет в ВВП на 11,8 п.п.

СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

В мире, по состоянию на 2022 г., в эксплуатации находится 437^[14] энергоблоков,

[9] О внешней торговле в 2021 году Текст: электронный// Федеральная служба государственной статистики. – 2022. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/26_23-02-2022.html (дата обращения 13.11.2022).

[10] Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего / В. Г. Родионов. – М.: ЭНАС, 2010. – С. 27.

[11] Двинин Д.Ю. Оценка эмиссии парниковых газов и ресурсоёмкости региональных электроэнергетических комплексов России // Регионалистика. – 2019. – Т. 6. – № 2. – С. 75–85.

[12] Выбросы парниковых газов и их взаимосвязь с выработкой энергии // С.О.К: официальный сайт. – 2022. – URL: <https://www.s-o-k.ru/articles/vybrosy-parnikovyyh-gazov-i-ih-vzaimosvyaz-s-vyrabotkoy-energii> (дата обращения 29.05.2022).

[13] Правительство утвердило Стратегию социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года // Правительство РФ. – 2021. – URL: <http://government.ru/docs/43708/> (дата обращения 13.11.2022).

[14] The database of nuclear power reactors // IAEA PRIS. – 2022. – URL: <https://pris.iaea.org/pris/#> (дата обращения 08.11.2022).

суммарная установленная мощность которых составляет 382,8^[15] ГВт; еще 56 энергоблоков находятся в состоянии постройки. 10%^[16] мировой электроэнергии вырабатывается на АЭС. Российская Федерация занимает четвертое место в мире по выработке ядерной энергии, в 2021 г. она составила 217 ТВт·ч, в США – 813 ТВт·ч, в Китае – 408 ТВт·ч.^[17]

Доля атомных электростанций в общей выработке электроэнергии в России в 2021 г. составила 19,96%^[18] от всего производимого электричества: европейской части – 30%^[19], на северо-западе – 37%^[20]. Доля потребляемой атомной электроэнергии на Федеральном оптовом рынке электроэнергии и мощности составляет порядка 50%^[21].

На территории Российской Федерации построено 11 атомных электростанций, на которых находятся в эксплуатации 37^[22] энергоблоков, среди которых два с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением с номинальной

электрической мощностью 600 и 800 МВт; два с реакторами водо-водяного типа КЛТ-40С – 35 МВт в составе плавучей атомной теплоэлектростанции «Академик Ломоносов»; 11 энергоблоков с канальными реакторами (8 энергоблоков – с реакторами большой мощности канального типа – 1000 МВт, 3 энергоблока – с гетерогенными петлевыми реакторами с 6-ю петлями циркуляции теплоносителя); 22 энергоблока с водо-водяными энергетическими реакторами (из них 4 энергоблока – ВВЭР-1200, 13 энергоблоков – ВВЭР-1000 и 5 энергоблоков – ВВЭР-440 различных модификаций^[23]).

Суммарная установленная мощность всех энергоблоков составляет: 27,7 ГВт. Насколько можно заметить (см. рис. 1), наиболее мощными станциями являются станции на Водо-водяных энергетических реакторах 1100, 1200, ТОИ и РБМК-1000, так как у них самый высокий КПД порядка 33,0%^[24], 35,7%^[25], 37,9%^[26] 31,25%^[27]. соответственно.

[15] Ibid.

[16] World Energy Outlook 2022 // OECD International Energy Agency. – 2022 – p. 136. – URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/7e42db90-d8ea-459d-be1e-1256acd11330/WorldEnergyOutlook2022.pdf> (дата обращения 08.11.2022).

[17] Ibid, p. 457.

[18] Russian Federation // IAEA PRIS. – 2022. – URL: <https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU> (дата обращения 08.11.2022).

[19] «Росэнергоатом»: доля атомной энергетики в энергобалансе России превысила 20% // Департамент коммуникаций АО «Концерн Росэнергоатом»: официальный сайт. – 2022. – URL: <https://www.rosatom.ru/journalist/news/rosenergoatom-dolya-atomnoy-energetiki-v-energobalanse-rossii-prevysila-20/> (дата обращения 29.05.2022).

[20] Там же.

[21] Румянцев А.Ю. Атомная энергетика в настоящем и будущем энергообеспечении России. // Козлова Е. А. Александр Юрьевич Румянцев. – Москва, 2020. – С. 231. – URL: http://elib.biblioatom.ru/text/kozlova_rumyantsev_2020/go,5/ (дата обращения 29.05.2022).

[22] Russian Federation // IAEA PRIS. – 2022. – URL: <https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU> (дата обращения 08.11.2022).

[23] Nuclear Power in Russia // WNA. – 2022. – URL: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/russia-nuclear-power.aspx> (дата обращения 29.05.2022).

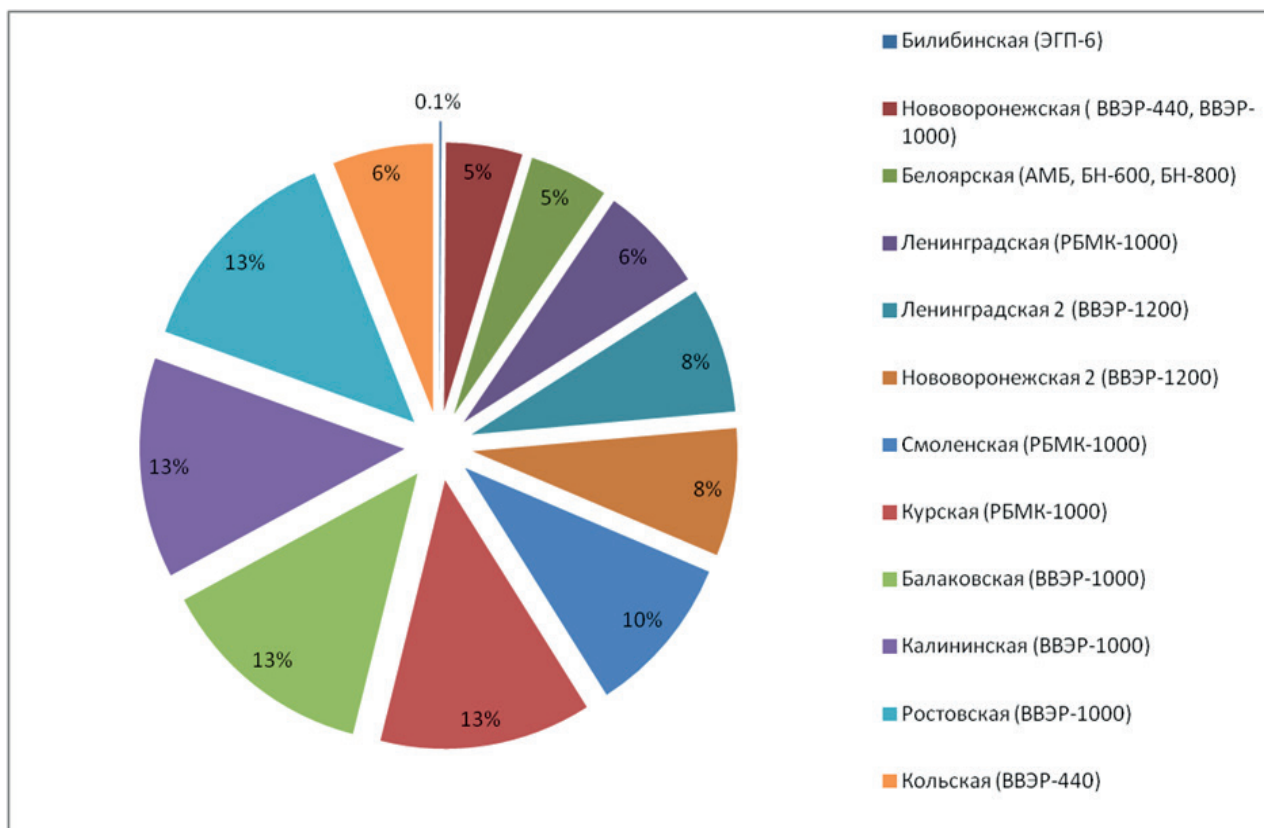
[24] Аминов Р.З. и др. АЭС с ВВЭР: режимы, характеристики, эффективность / Р. З. Аминов, В. А. Хрусталева, А. С. Духовенский, А. И. Осадчий. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – С. 42.

[25] АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С. А. Андрушечко, А. М. Афров, В. Ю. Васильев, и др. – М.: Логос, 2010. – С. 539.

[26] Там же, с. 534.

[27] Петросьянц А.М. Атомная энергия в науке и промышленности. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 139.

Рис. 1. Доля станции в выпуске атомной электроэнергии в России.



Источник: составлено авторами по Russian Federation // IAEA PRIS. – 2022. – URL: <https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU>

АЭС в основном сконцентрированы (см. рис. 2) в центральной и северо-западной части России, что объясняется несколькими факторами. Во-первых, это районы с наименьшим уровнем сейсмической активности, во-вторых, здесь проживает большинство населения страны, в связи, с чем существует более высокий спрос на электроэнергию, в-третьих, иные источники сырья практически истощены, а уровень углеродного загрязнения достаточно

высок, что вынуждает использовать более энергоэффективные и экологичные источники энергии. Наибольшая доля производства ядерной электроэнергии приходится на европейскую и северо-западную части страны, что объясняется использованием энергоблоков с высокой установленной электрической мощностью, например, на Ленинградской АЭС установлены РБМК-1000^[28] и ВВЭР-1200^[29], на Курской АЭС – РБМК-1000^[30] и

[28] Сайт Ленинградской АЭС // АО «Концерн Росэнергоатом»: официальный сайт. – 2022. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-leningradskoy-aes/# (дата обращения 30.06.2022).

[29] Там же.

[30] Сайт Курской АЭС // АО «Концерн Росэнергоатом»: официальный сайт. – 2022. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-kurskoy-aes/ (дата обращения 30.06.2022).

в скором времени будут введены в эксплуатацию ВВЭР-ТОИ^[31] (1300 МВт). В то же время на территории сейсмически-опасных регионов, например, на Чукотке также установлены атомные реакторы, однако их суммар-

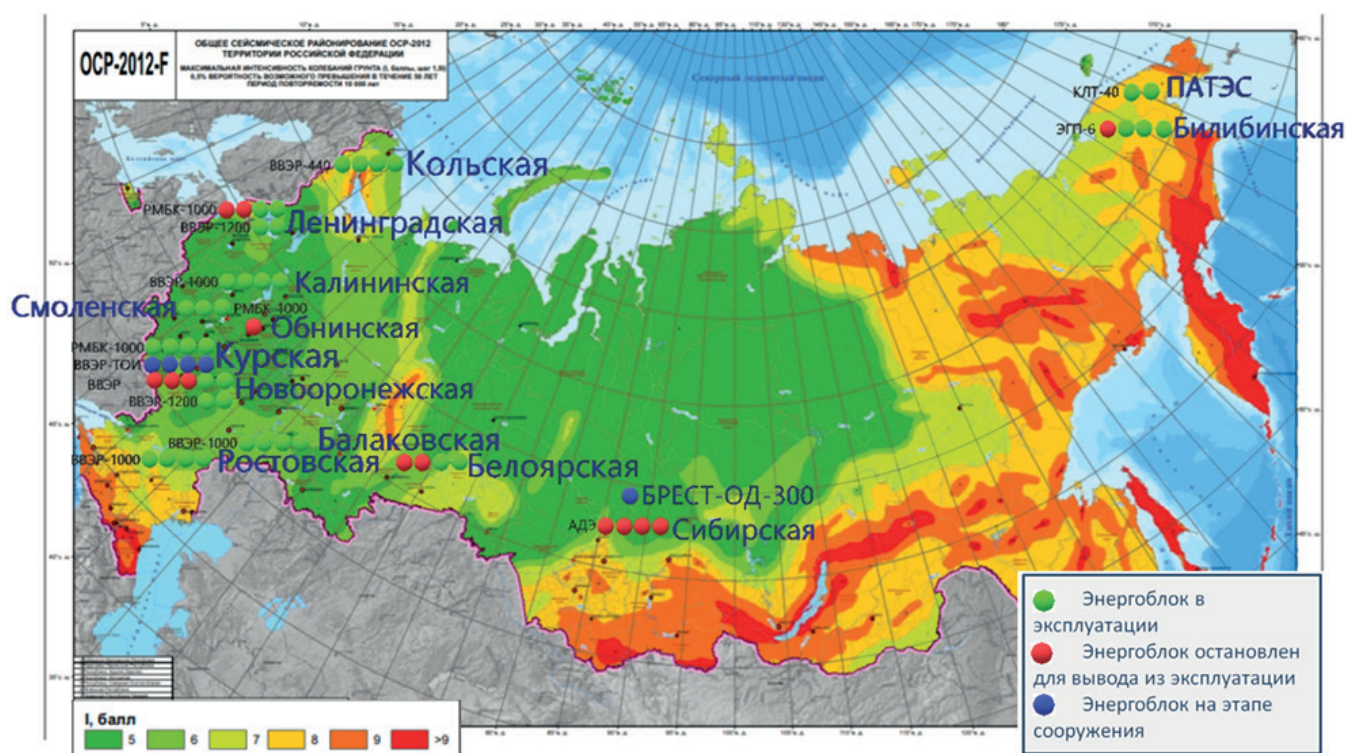
ная установленная мощность составляет всего 265 МВт^[32]. По состоянию на 2021 г. на территории России находятся 10^[33] атомных реакторов, выведенных из эксплуатации по истечении срока эксплуатации.

[31] На строительную площадку Курской АЭС-2 доставлен корпус реактора ВВЭР-ТОИ для первого энергоблока // Пресс-служба АО «Росэнергоатом»: официальный сайт. – 2022. – URL: <https://www.rosatom.ru/journalist/news/nastroitelnuyu-ploshchadku-kurskoy-aes-2-dostavlenn-korpus-reaktora-vver-toi-dlya-pervogo-energobloka/> (дата обращения 30.06.2022).

[32] Сайт ПАТЭС // АО «Концерн Росэнергоатом»: официальный сайт. – 2022. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-pates/ (дата обращения 30.06.2022).

[33] World Nuclear Industry Status Report 2022 Low Definition / M. Schneider, J. Hazemann, A. Ahmad et al. // A Mycle Schneider Consulting project. – Paris, 2022. – p. 205. – URL: <https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnisr2021-lr.pdf> (дата обращения 08.11.2022).

Рис. 2. Карта ОСР-2012-Ф, соответствующая вероятности $P = 0.5\%$ возможного превышения в течение 50 лет силы указанных на ней максимальных сейсмических воздействий в баллах шкалы интенсивности землетрясений ИЗ-2012 (период повторяемости воздействий $T = 10000$ лет) с изображением АЭС.



Источники: Russian Federation // IAEA PRIS. – 2022. – URL: <https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU> (дата обращения 08.11.2022); Генерация электроэнергии // РОСАТОМ. – 2022. – URL: <https://rosatom.ru/production/generation/> (дата обращения 08.11.2022); Уломов В.И., Богданов М.И. Новый комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-2012) / В.И. Уломов, М. И. Богданов // ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ 8. – 2013. – С.7.

Во время пандемии Covid-19 атомные электростанции бесперебойно обеспечивали население электроэнергией, выработанной с низким уровнем углеродных выбросов, однако доля ядерной энергетики в мировом коммерческом валовом производстве электроэнергии в 2020 г. снизилась с 10,4% до 10,1%, что значительно ниже пикового показателя в 17,5% в 1996 г.^[34] Данный спад был вызван уменьшением спроса на электроэнергию в Африке, Северной Америке и Западной Европе, а также выбытием некоторых энергоблоков из эксплуатации^[35]. Однако несмотря на спад производства по всему миру, в 2020 г. в Российской Федерации было выработано «ядерной» электроэнергии на 6,28^[36] ТВт·ч, чем в 2019 г. Тем самым доля России в общем выпуске электроэнергии на АЭС увеличилась до 20,6%^[37]. Данный рост показателей стал возможным благодаря подключению в октябре 2020 г. энергоблоков на Ленинградской-2 станции^[38]. Однако увеличение производства электроэнергии сопровождалось сокращением добычи урана, как в Российской Федерации, так и по всему миру. В России в 2020 г. было добыто 2846^[39] т. урана, что на 65 т. урана меньше, чем годом ранее, а годовые объемы добычи урана по миру сократились на 7011 т. до 54742 т. в 2020 г., что смогло

покрыть только 74% от совокупного спроса на уран. В 2021 г. наблюдалось постепенное увеличение объемов добычи, но пока они далеки от уровня до пандемии Covid-19 и частично удовлетворяют потребности в уране. Таким образом, в 2020 г., несмотря на глобальное снижение выпуска электроэнергии АЭС и сокращение добычи урана, в России незначительно были снижены объемы производства, что в прочем, не помешало в 2021 г. вернуться к докризисным значениям. Данный факт свидетельствует о стабильности атомной отрасли в России.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Модернизация уже имеющихся энергоблоков является одним из ключевых направлений развития атомной промышленности в Российской Федерации. На АЭС Белоярская, Кольская, «Академик Ломоносов», Билибинская установлены реакторы старого образца с низкой мощностью. Тем не менее география районов, в которых расположены эти станции, предоставляет доступ к урановым месторождениям^[40], что делает воз-

[34] Ibid, p. 42.

[35] Nuclear Power Reactors in the World // IAEA-RDS. – Вена, 2021. – p. 5. – URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/RDS-2-41_web.pdf (дата обращения 18.06.2022).

[36] Ibid, p. 14.

[37] Ibid, p. 15.

[38] Reactor Database // WNA. – 2022. – URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/reactor-database-search.aspx> (дата обращения 18.06.2022).

[39] World Uranium Mining Production // WNA. – 2022. – URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx> (дата обращения 18.06.2022).

[40] Uranium 2020: Resources, Production and Demand // OECD Publishing. – Paris, 2021. – p. 340. – URL: <https://www.oecd-neo>.

возможным увеличением выпуска электроэнергии без создания дополнительных издержек на транспортировку сырья. Белоярская АЭС находится в непосредственной близости к Далматовскому^[41], Хохловскому^[42] и Добровольному^[43] урановым месторождениям. В районе Брест-ОД-300 возможно строительство нескольких новых энергоблоков, так как рядом находится Малиновское урановое месторождение^[44]. Модернизация АЭС «Академик Ломоносов», помимо факторов, представленных выше, обусловлена необходимостью развития атомной энергетики на Чукотке. Регион плохо обеспечен топливными ресурсами, а имеющиеся ТЭЦ, ГРЭС, АЭС и дизельные электростанции неэффективны и обладают низкой мощностью. На данный момент дизельные электростанции представляют собой резервные электростанции для ТЭЦ, но их суммарная мощность составляет всего 116,9 МВт^[45]. ПАТЭС подключена к сетям водо- и теплоснабжения Певека, однако она обеспечивает только 20% потребностей энергоузла, ввиду низкой

мощности установленных энергоблоков КЛТ-40^[46]. В настоящий момент «Росатом» проводит общественные обсуждения по объекту государственной экологической экспертизы - проектной документации «Строительство инфраструктуры береговой энергетической системы ПАТЭС в г. Певек Чукотского автономного округа в составе нагрузочных устройств мощностью 16 МВт и резервной дизель – генераторной установки мощностью 1,5 МВт»^[47]. Благодаря расширению АЭС «Академик Ломоносов» станет возможным полное обеспечение Чукотки электроэнергией^[48]. Также на Чукотке расположен потенциальный урановорудный район^[49]. Однако развитие ядерной энергетики на Чукотке затрудняется относительно высокой сейсмической активностью в регионе, которая делает эксплуатацию АЭС небезопасной, а также неразвитостью инфраструктуры и сложностью транспортировки строительных материалов и оборудования для АЭС. Забайкальский край и республика Бурятия обладают потенциалом для

org/upload/docs/application/pdf/2020-12/7555_uranium_-_resources_production_and_demand_2020__web.pdf (дата обращения 18.06.2022).

[41] Петрухин Н. П. История уранодобычи. – М.: Горнорудный дивизион Госкорпорации «Росатом». Урановый холдинг «АРМЗ», 2020. – С. 290.

[42] Там же, с. 291.

[43] Петрухин Н.П., Славский Е.П. Уранодобывающие предприятия отечественной атомной отрасли. — М.: АО «Атомредметзолото», 2018 – С. 44.

[44] Кондратьева И.А., Максимова И.Г., Надъярных Г.И. Распределение урана в рудоносных породах Малиновского месторождения по данным f-радиографии // ЛИТОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ. – 2004. – № 4. – с. 389.

[45] Постановление Правительства Чукотского Автономного Округа об утверждении Государственной программы Чукотского автономного округа «Развитие энергетики Чукотского автономного округа» (с изменениями на 2 марта 2022 года) N 41 от 28 января 2016 года // Гарант.ру: информационно-правовой портал. – URL: <https://base.garant.ru/403598326/>

[46] Первая в мире ПАТЭС в полном объеме закроет потребности Чукотки в электроэнергии // Пресс-центр Чукотского автономного округа. – 2020. – URL: https://чукотка.рф/press-tsentr/novosti/?ELEMENT_ID=6271 (дата обращения 30.06.2022).

[47] ПАТЭС. Информация для населения // АО «Концерн Росэнергоатом». – 2022. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-pates/informatsiya-dlya-naseleniya/index.php?ELEMENT_ID=40767 (дата обращения 30.06.2022).

[48] Первая в мире ПАТЭС в полном объеме закроет потребности Чукотки в электроэнергии // Пресс-центр Чукотского автономного округа. – 2020. – URL: https://чукотка.рф/press-tsentr/novosti/?ELEMENT_ID=6271 (дата обращения 30.06.2022).

[49] Петрухин Н. П. История уранодобычи // М.: Горнорудный дивизион Госкорпорации «Росатом». Урановый холдинг «АРМЗ», 2020 – С. 361.

эффективного развития ядерной энергетики. В первую очередь, сейсмическая активность в регионе достаточно низкая, а температурный режим благоприятный, что делает строительство АЭС безопасным^[50]. Во-вторых, существует прямой доступ к Оловскому урановому месторождению и месторождениям Стрельцовой группы^[51], обладающими обильными запасами урана: разведанных запасов порядка 17,7 тыс. т., а прогнозные ресурсы – 12,2 тыс. т.^[52] Более того, запасы угля в районе невелики, что приводит к нехватке электроэнергии, которую можно проследить на примере цен: 4 рубля 61 копейка за 1 кВт.ч^[53] на электричество. Развитие атомной энергетики позволит наполнить рынок более дешевой электроэнергией, тем самым сократить издержки домохозяйств и бизнеса. Красноярский край также является интересным районом для развития атомной энергетики, ввиду относительной близости месторождений урана, например, Малиновского. Тем не менее в настоящий момент активные работы по развитию отрасли в регионе

не ведутся, однако такие проекты были^[54]. На территории расположен Тунгусский бассейн, поэтому электроэнергия достаточно дешевая, 2 рубля 83 копейки за 1 кВт.ч, следовательно, отсутствует необходимость развития альтернативной энергии^[55]. Тем не менее, на территории Красноярского горно-химического комбината в Железногорске в советское время было расположено несколько энергоблоков АДЭ-2, которые полностью были выведены из эксплуатации только в 2010 г.^[56] В связи с этим на территории региона уже есть техническая база, а также персонал для развития атомной энергии.

Таким образом, уникальное расположение Российской Федерации позволяет благодаря наличию благоприятных природных условий, а также удачному размещению урановых бассейнов, успешно развивать атомную энергетику, в первую очередь, путем модернизации старых энергоблоков и, в том числе, за счет исследования новых районов.

[50] Safety of Nuclear Power Plants: Design. // Specific Safety Requirements IAEA -2016. – No. SSR-2/1. – Rev. 1. – p. 30.

[51] Вишняков В.Е. Оловское месторождение //Геология некоторых рудных месторождений Забайкалья. – Чита, 1968 – С. 158.

[52] Итоги деятельности горнорудного дивизиона // Росатом. – 2021. – С. 56. – URL: https://report.rosatom.ru/go/2020/armz_2020.pdf (дата обращения 08.06.2022).

[53] Приказ РСТ Забайкальского края от 17.12.2021 №699-НПА «Об утверждении тарифов на электрическую энергию (мощность), поставляемую АО «Читаэнергосбыт» населению и приравненным к нему категориям потребителей на территории Забайкальского края, на 2022 год» // Консультант-плюс. – URL: <http://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc;base=RLAW251;n=1663152#T7Jl7RTMxJOgOyat> (доступ по подписке).

[54] Алексеев П., Крупнов Ю., Субботин С., Щепетина Т. Система АЭС малой мощности как фактор национальной безопасности России // Бюллетень по атомной энергии. – 2007. – № 4. – С. 18.

[55] Приказ министерства тарифной политики Красноярского края № 73-э от 17.12.2021 «Об установлении тарифов на электрическую энергию, поставляемую публичным акционерным обществом „Красноярскэнергосбыт“ (г. Красноярск, ИНН 2466132221)» // Красноярский край: официальный сайт. – URL: <http://krskstate.ru/docs/0/doc/82133>

[56] Реактор по наработке оружейного плутония в Сибири остановят 15 апреля // РИА Новости. – 14.04.2010. – URL: <https://ria.ru/20100414/222312352.html> (дата обращения 30.06.2022).

ПОЧЕМУ ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА ЯВЛЯЕТСЯ ОДНОЙ ИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ ФОССИЛЬНОМУ ТОПЛИВУ?

Россия обладает 9,15% всех мировых запасов урана, что позволяет быть независимыми от конъюнктуры рынка. Помимо этого, Российская Федерация находится в активном торговом сотрудничестве с Казахстаном, обладающим 11,81% урановых запасов.^[57] По расчетам ученых текущих запасов хватит на 20-25 лет.^[58]

Ядерная энергетика обладает самым высоким показателем КПД среди всех остальных альтернатив – 30-40 %, в то время как КПД солнечных батарей – 15-30%, осмотических станций – до 35%, ветрогенераторов – 10-15%, геотермальных электростанций – 7-10%. АЭС являются наиболее автономными от метеорологических факторов по сравнению с другими типами станций, не зависят от продолжительности солнечного дня, как солнечные электростанции, от силы ветра, как ветряные ЭС, приливов и отливов, как приливные ЭС и т.д.

Несмотря на указанное ранее, существуют проблемы, с которыми сталкивается атомная электроэнергетика, а именно – геогра-

фические и социально-экономические особенности страны. Атомные станции имеют более жесткие ограничения для определения территории строительства.^[59] Сейсмически неактивные территории расположены в основном в Сибири, в необжитых районах с неразвитой инфраструктурой. С другой стороны, постройка АЭС станет градообразующим предприятием – толчком для развития региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современных реалиях стране необходимо бороться с зависимостью от истощаемых ресурсов, диверсифицировать энергетическую отрасль, бороться с вредными выбросами, модернизировать станции и сокращать издержки устаревших ЭС. Россия обладает значительным запасом природных ископаемых для производства ядерного топлива, что позволяет ей стать привлекательной альтернативой для энергетического перехода. Атомная отрасль в Российской Федерации в настоящий момент достаточно хорошо развита, большая часть АЭС оборудована современными реакторами, обладающими высоким КПД. Однако стоит заметить, что далеко не весь потенциал России в области атомной энергетики раскрыт. Россия занимает четвертое место в мире по запасам урана, но только

[57] Вести Экономика. 8 стран с крупнейшими запасами урана Об этом сообщает «Рамблер» // Рамблер.РУ: официальный сайт. – 2022 URL: <https://news.rambler.ru/other/41125317-8-stran-s-krupneyshimi-zapasami-urana/> (дата обращения 29.05.2022).

[58] Заявление гендиректора Всероссийского НИИ минерального сырья им. Федоровского Григория Машковцева // INTERFAX.RU: официальный сайт. – 21.09.2021. – URL: <http://www.finmarket.ru/news/5553179> (дата обращения 29.06.2022).

[59] Хайме Н. М. Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС // М.: Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (ГосСтрой), 2012. – С. 22.

шестое место по его добыче^[60]. Также Россия сильно зависит от импортного оборудования, что сильно замедляет темпы развития отрасли. В связи с этим необходимо сделать упор на импортозамещение комплектующих.

Несмотря на возможные проблемы, атомная энергетика в совокупности с другими ВИЭ может стать «зеленым» будущим нашей страны в контексте энергетического перехода.

[60] Uranium Production by Country 2022 // World Population Review: официальный сайт. – 2022. – URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/uranium-production-by-country> (дата обращения 28.06.2022).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Росэнергоатом»: доля атомной энергетики в энергобалансе России превысила 20% // Департамент коммуникаций АО «Концерн Росэнергоатом»: официальный сайт. – 2021. – URL: <https://www.rosatom.ru/journalist/news/rosenergoatom-dolya-atomnoy-energetiki-v-energobalanse-rossii-prevysila-20/> (дата обращения 29.05.2022).
2. Алексеев П., Крупнов Ю., Субботин С., Щепетина Т. Система АЭС малой мощности как фактор национальной безопасности России // Бюллетень по атомной энергии. – № 4. – 2007. – С. 18–24.
3. Аминов Р.З. и др. АЭС с ВВЭР: режимы, характеристики, эффективность / Р.З. Аминов, В.А. Хрусталева, А.С. Духовенский, А.И. Осадчий. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 263 с.
4. АСУ ТП (рынок России) // tadviser.ru: официальный сайт. – 2022. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%90%D0%A1%D0%A3_%D0%A2%D0%9F (дата обращения: 29.05.2022).
5. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С. А. Андрушечко, А. М. Афров, Б. Ю. Васильев, и др. // М.: Логос, 2010. – 544 с.
6. Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. Октябрь 2020. Экология и экономика: тенденция к декарбонизации // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации официальный сайт. – 2022. – URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/BRE/_%D0%BE%D0%BA%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C_web.pdf (дата обращения 29.05.2022).
7. Вести Экономика. 8 стран с крупнейшими запасами урана Об этом сообщает «Рамблер» // Рамблер.РУ: официальный сайт. – 2022. – URL: <https://news.rambler.ru/other/41125317-8-stran-s-krupneyshimi-zapasami-urana/> (дата обращения 29.05.2022).

8. Вишняков В.Е. Оловское месторождение // Геология некоторых рудных месторождений Забайкалья. – Чита, 1968 – С. 157-164.
9. Выбросы парниковых газов и их взаимосвязь с выработкой энергии // С.О.К: официальный сайт. – 2022. – URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/vybrosy-parnikovyyh-gazov-i-ih-vzaimosvyaz-s-vyrabotkoy-energii> (дата обращения 29.05.2022).
10. Генерация электроэнергии // РОСАТОМ. – 2022. – URL: <https://rosatom.ru/production/generation/> (дата обращения 31.06.2022).
11. Двинин Д.Ю. Оценка эмиссии парниковых газов и ресурсоёмкости региональных электроэнергетических комплексов России. – М.: Регионалистика. – 2019. – Т. 6. – № 2. – С. 75–85.
12. Заявление гендиректора Всероссийского НИИ минерального сырья им. Федоровского Григория Машковцева // INTERFAX.RU: официальный сайт. – 2022. – URL: <http://www.finmarket.ru/news/5553179> (дата обращения 29.06.2022).
13. Итоги деятельности горнорудного дивизиона // Ростатом. – 2021. – 56 с. – URL: https://report.rosatom.ru/go/2020/armz_2020.pdf (дата обращения 08.06.2022).
14. Кондратьева И.А., Максимова И.Г., Надъярных Г.И. Распределение урана в рудоносных породах Малиновского месторождения по данным f-радиографии // ЛИТОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ. – 2004. – № 4. – с. 387-400.
15. Лихачев А. Перед WNE-2021: атомная энергетика может сыграть существенную роль в энергопереходе // Neftegaz.RU: официальный сайт. – URL: <https://neftegaz.ru/news/nuclear/712777-a-likhachev-atomnaya-energetika-mozhet-sygrat-sushchestvennuyu-rol-v-energoperekhode> (дата обращения 29.05.2022).
16. Минприроды: запасов нефти в России хватит на 59 лет, газа — на 103 года // Коммерсантъ: официальный сайт. – 2022. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4802878> (дата обращения 25.06.2022).
17. На строительную площадку Курской АЭС-2 доставлен корпус реактора ВВЭР-ТОИ для первого энергоблока // Пресс-служба АО «Росэнергоатом». – 2022. – URL: <https://www.rosatom.ru/journalist/news/na-stroitelnyuyu-ploshchadku-kurskoy-aes-2-dostavlen-korpus-reaktora-vver-toi-dlya-pervogo-energoblok/> (дата обращения 30.06.2022).
18. Новый комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-2012) / В.И. Уломов, М.И. Богданов // ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ 8. – 2013. – 10 с.

19. ПАТЭС. Информация для населения // АО «Концерн Росэнергоатом». – 2022. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-pates/informatsiya-dlya-naseleniya/index.php?ELEMENT_ID=40767 (дата обращения 30.06.2022).

20. Первая в мире ПАТЭС в полном объёме закрывает потребности Чукотки в электроэнергии // Пресс-центр Чукотского автономного округа. – 2020. – URL: https://чукотка.рф/press-tsentr/novosti/?ELEMENT_ID=6271 (дата обращения 30.06.2022).

21. Петросьянц А.М. Атомная энергия в науке и промышленности. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 447 с.

22. Петрухин Н.П. История уранодобычи. – М.: Горнорудный дивизион Госкорпорации «Росатом». Урановый холдинг «АРМЗ», 2020. – 438 с.

23. Постановление Правительства Чукотского Автономного Округа б утверждении Государственной программы Чукотского автономного округа «Развитие энергетики Чукотского автономного округа» (с изменениями на 2 марта 2022 года) N 41 от 28 января 2016 года // Гарант.ру: информационно-правовой портал. – URL: <https://base.garant.ru/403598326/>

24. Приказ министерства тарифной политики Красноярского края № 73-э от 17.12.2021 «Об установлении тарифов на электрическую энергию, поставляемую публичным акционерным обществом „Красноярскэнергосбыт“ (г. Красноярск, ИНН 2466132221)» // Красноярский край: официальный сайт. – URL: <http://krskstate.ru/docs/0/doc/82133>

25. Приказ РСТ Забайкальского края от 17.12.2021 №699-НПА «Об утверждении тарифов на электрическую энергию (мощность), поставляемую АО «Читаэнергосбыт» населению и приравненным к нему категориям потребителей на территории Забайкальского края, на 2022 год» // Консультант-плюс. – URL: <http://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc;base=RLAW251;n=1663152#T7jI7RTMxJOgOyat> (доступ по подписке).

26. Реактор по наработке оружейного плутония в Сибири остановят 15 апреля // Риа-Новости. – 2010. – URL: <https://ria.ru/20100414/222312352.html> (дата обращения 30.06.2022).

27. Росстат впервые рассчитал долю нефти и газа в российском ВВП // РБК: официальный сайт. – 2022. – URL: <https://www.rbc.ru/economics/13/07/2021/60ec40d39a7947f74aeb2aae> (дата обращения 14.05.2022).

28. Румянцев А.Ю. Атомная энергетика в настоящем и будущем энергообеспечения России // Козлова Е.А., Румянцев А.Ю. — Москва, 2020. — С. 229—237. – URL: http://elib.biblioatom.ru/text/kozlova_rumyantsev_2020/go,5/ (дата обращения 29.05.2022).

29. Сайт Курской АЭС // АО «Концерн Росэнергоатом»: официальный сайт. — 2022. — URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-kurskoy-aes/ (дата обращения 30.06.2022).

30. Сайт Ленинградской АЭС // АО «Концерн Росэнергоатом»: официальный сайт. — 2022. — URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-leningradskoy-aes/# (дата обращения 30.06.2022).

31. Сайт ПАТЭС // АО «Концерн Росэнергоатом»: официальный сайт. — 2022. — URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-pates/ (дата обращения 30.06.2022).

32. Сидоров И. Головной блок нового поколения БН-800. Особенности ввода в эксплуатацию. Материалы 10й Международной научно-технической конференции «Безопасность, эффективность и экономика атомной отрасли» — Текст: электронный // Пресс-служба «Росэнергоатом». — 2016. — URL: http://mntk.rosenergoatom.ru/mediafiles/u/files/2016/Materials_2016/Plenar_rus/Golovnoj_blok_novogo_pokoleniya._Osobennosti_VE.pdf (дата обращения 28.06.2022).

33. Хайме Н.М. Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС. — М.: Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (ГосСтрой). — 2012 — С. 22.

34. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего / В.Г. Родионов // М.: ЭНАС, 2010. — С. 27.

35. Nuclear Power in Russia // WNA: официальный сайт. — 2022. — URL: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/russia-nuclear-power.aspx> (дата обращения 29.05.2022).

36. Nuclear Power Reactors in the World // IAEA-RDS. — Вена, 2021. — 94 p. — URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/RDS-2-41_web.pdf (дата обращения 18.06.2022).

37. Reactor Database // WNA: официальный сайт. — 2022. — URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/reactor-database-search.aspx> (дата обращения 18.06.2022).

38. Russian Federation // IAEA PRIS. — 2022. — URL: <https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU> (дата обращения 08.11.2022).

39. Russian Federation // IAEA PRIS: официальный сайт. — 2022. — URL: <https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU> (дата обращения 08.11.2022).

40. Safety of Nuclear Power Plants: Design // Specific Safety Requirements IAEA-2016. – No. SSR-2/1. – Rev. 1. – 99 p.

41. The database of nuclear power reactors // IAEA PRIS: официальный сайт. – 2022. – URL: <https://pris.iaea.org/pris/#> (дата обращения 08.06.2022).

42. The Paris Agreement // Организация Объединенных наций: официальный сайт. – URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement> (дата обращения 28.05.2022).

43. Uranium 2020: Resources, Production and Demand // OECD Publishing – Paris, 2021. – 484 p. – URL: https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2020-12/7555_uranium_-_resources_production_and_demand_2020__web.pdf (дата обращения 18.06.2022).

44. Uranium Production by Country 2022 // World Population Review: официальный сайт – 2022. – URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/uranium-production-by-country> (дата обращения 28.06.2020).

45. V. Smil. Energy Transitions: Global and National Perspectives Praeger; 2 edition. – М.: ABC-CLIO. – 2016 – С. 282.

46. World Energy Outlook 2022 // OECD International Energy Agency. – 2022. – 386 p. – URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/7e42db90-d8ea-459d-be1e-1256acd11330/WorldEnergyOutlook2022.pdf> (дата обращения 08.11.2022).

47. World Nuclear Industry Status Report 2022 Low Definition // A Mycle Schneider Consulting project. – Paris, 2021. – 385 p. – URL: <https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnisr2021-lr.pdf> (дата обращения 08.11.2022).

48. World Uranium Mining Production // WNA: официальный сайт. – 2022. – URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx> (дата обращения 18.06.2022).

REFERENCES

1. «Rosenergoatom»: dolya atomnoj energetiki v energobalanse Rossii prevysila 20% [Rosenergoatom: The Share of Nuclear Energy in the Energy Balance of Russia Has Exceeded 20%] // Department of Communications of Rosenergoatom Concern JSC: official website. – 2021. – URL: <https://www.rosatom.ru/journalist/news/rosenergoatom-dolya-atomnoy-energetiki-v-energobalanse-rossii-prevysila-20/> (accessed: 29.05.2022).

2. AES s reaktorom tipa VVER-1000. Ot fizicheskikh osnov ekspluatacii do evolyucii proekta [Nuclear Power Plants with a VVER-1000 Reactor. From the Physical Foundations of Operation to the Evolution of the Project]. — M.: Logos, 2010. — 544 p.
3. Alekseev P., Krupnov YU., Subbotin S., SHCHepetina T. Sistema AES maloj moshchnosti kak faktor nacional'noj bezopasnosti Rossii [The System of Low-Power Nuclear Power Plants as a Factor of National Security of Russia] // Byulleten' po atomnoj energii' [Bulletin on Atomic Energy]. — № 4. — 2007. — P. 18–24.
4. Aminov R. Z. i dr. AES s VVER: rezhimy, harakteristiki, effektivnost' [NPP with VVER: Modes, Characteristics, Efficiency]. — M.: Energoatomizdat, 1990. — 263 p.
5. ASU TP (rynok Rossii) [Automated Process Control Systems (Russian Market)]. // [tadviser.ru: official website](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%90%D0%A1%D0%A3_%D0%A2%D0%9F). — 2022. — URL: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%90%D0%A1%D0%A3_%D0%A2%D0%9F (accessed: 29.05.2022).
6. Byulleten' o tekushchih tendenciyah rossijskoj ekonomiki. Oktyabr' 2020. Ekologiya i ekonomika: tendenciya k dekarbonizacii. [Bulletin on the Current Trends of the Russian Economy. October 2020. Ecology and Economics: The Trend Towards Decarbonization] // BRE: official website. — 2022. — URL: https://ac.gov.ru/uploads/2Publications/BRE/_%D0%BE%D0%BA%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C_web.pdf (accessed: 29.05.2022).
7. Dvinin D.YU. Ocenka emissii parnikovyh gazov i resursoyomkosti regional'nyh elektroenergeticheskikh kompleksov Rossii [Assessment of Greenhouse Gas Emissions and Resource Intensity of Regional Electric Power Complexes of Russia] // D. YU. Dvinin. — Moscow: Regionalistika. — V. 6. — № 2 — 2019 — p. 75-85.
8. Generaciya elektroenergii [Electricity Generation] // ROSATOM. — 2022. — URL: <https://rosatom.ru/production/generation/> (accessed: 31.06.2022).
9. Hajme N.M. Inzhenernye izyskaniya dlya razmeshcheniya, proektirovaniya i stroitel'stva AES [Engineering Surveys for The Placement, Design and Construction of Nuclear Power Plants]. — Moscow: Federal Agency of Construction and Housing and Communal Services. — 2012. — 343 p.
10. Itogi deyatel'nosti gornorudnogo diviziona [Results of the Mining Division] // Rostatom. — 2021. — 56 p. — URL: https://report.rosatom.ru/go/2020/armz_2020.pdf (accessed: 08.06.2022).
11. Kondrat'eva I.A., Maksimova I.G., Nad»yarnyh G.I. Raspredelenie urana v rudonosnyh porodah Malinovskogo mestorozhdeniya po dannym f-radiografii [Distribution of Uranium in Ore-Bearing Rocks of the Malinovsky Deposit According to F-Radiography Data] // LITOLOGIYA I POLEZNYE ISKOPAEMYYE [LITHOLOGY AND MINERALS]. — 2004. — No. 4. — PP. 387-400.

12. Lihachev A. Pered WNE-2021: atomnaya energetika mozhet sygrat' sushchestvennuyu rol' v energoperekhode. [Before the WNE-2021: Nuclear Power Can Play a Significant Role in the Energy Transition] // Neftegaz.RU : official website. – 2021. – URL: <https://neftegaz.ru/news/nuclear/712777-a-likhachev-atomnaya-energetika-mozhet-sygrat-sushchestvennuyu-rol-v-energoperekhode> (accessed: 29.05.2022).

13. Minprirody: zapasov nefti v Rossii hvatit na 59 let, gaza — na 103 goda. [The Ministry of Natural Resources: Oil Reserves In Russia Will Last For 59 Years, Gas Reserves — For 103 Years]. – // Kommersant: official website. – 2021. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4802878> (accessed: 25.06.2022).

14. Na stroitel'nyuyu ploshchadku Kurskoj AES-2 dostavlen korpus reaktora VVER-TOI dlya pervogo energobloka [The VVER-TOI Reactor Vessel for the First Power Unit Was Delivered to the Construction Site of Kursk NPP-2] // Press Service of JSC Rosenergoatom. – 2022. – URL: <https://www.rosatom.ru/journalist/news/na-stroitel'nyuyu-ploshchadku-kurskoj-aes-2-dostavlen-korpus-reaktora-vver-toi-dlya-pervogo-energoblok/> (accessed: 30.06.2022).

15. Nuclear Power in Russia // WNA: official website. – 2022. – URL: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/russia-nuclear-power.aspx> (accessed: 29.05.2022).

16. Nuclear Power Reactors in the World // IAEA-RDS. – Vienna, 2021. – 94 p. -- URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/RDS-2-41_web.pdf (accessed: 18.06.2022).

17. PATES. Informaciya dlya naseleniya [PATES. Information for the Public] // Rosenergoatom Concern JSC. – 2022. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-pates/informatsiya-dlya-naseleniya/index.php?ELEMENT_ID=40767 (accessed: 30.06.2022).

18. Pervaya v mire PATES v polnom ob»yome zakroet potrebnosti CHukotki v elektroenergii [The World's First NPP Will Fully Cover the Needs of Chukotka in Electricity] // Press Center of the Chukotka Autonomous Okrug. – 2020. – URL: https://chukotka.rf/press-tsentr/novosti/?ELEMENT_ID=6271 (accessed: 30.06.2022).

19. Petros'yanc A. M. Atomnaya energiya v nauke i promyshlennosti [Atomic Energy in Science and Industry]. – Moscow: Energoatomizdat, 1984. – 447 p.

20. Petruhin N. P. [History of Uranium Mining]. – Moscow: Mining Division of Rosatom State Corporation. ARMZ Uranium Holding, 2020. – 438 p.

21. Postanovlenie Pravitel'stva CHukotskogo Avtonomnogo Okruga b utverzhdenii Gosudarstvennoj programmy CHukotskogo avtonomnogo okruga «Razvitie energetiki CHukotskogo avtonomnogo okruga» (s izmeneniyami na 2 marta 2022 g.) N 41 ot 28 yanvarya 2016 goda [Resolution of the Government of the Chukotka Autonomous Okrug b approving the State Program of the Chukotka Autonomous Okrug «Energy Development of the Chukotka Autonomous Okrug» (as amended on March 2, 2022) No. 41 of January 28, 2016] // Base Garant.ru. – URL: <https://base.garant.ru/403598326/>

22. Prikaz ministerstva tarifnoj politiki Krasnoyarskogo kraya № 73-e ot 17.12.2021 «Ob ustanovlenii tarifov na elektricheskuyu energiyu, postavlyаемuyu publichnym akcionernym obshchestvom „Krasnoyarskenergosbyt“ (g. Krasnoyarsk, INN 2466132221)» [Order of the Ministry of Tariff Policy of the Krasnoyarsk Territory No. 73-e dated 12/17/2021 «On setting tariffs for electric energy supplied by Public Joint Stock Company «Krasnoyarsk Energosbyt» (Krasnoyarsk, TIN 2466132221)»] // Krasnoyarskiy Territory: official site. – URL: <http://krskstate.ru/docs/0/doc/82133>

23. Prikaz RST Zabajkalskogo kraya ot 17.12.2021 № 699-NPA «Ob utverzhdenii tarifov na elektricheskuyu energiyu (moshchnost'), postavlyаемuyu AO «Chitaenergosbyt» naseleniyu i priravneniyu k nemu kategoriyam potrebitel'ev na territorii Zabajkalskogo kraya, na 2022 god» [Order of the PCT of the Trans-Baikal Territory dated 12/17/2021 No. 699-NPA «On approval of tariffs for electric energy (capacity) supplied by JSC Chitaenergosbyt to the population and equivalent categories of consumers in the Territory of the Trans-Baikal Territory for 2022»] // Consultant+. – URL: <http://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc;base=RLAW251;n=1663152#T7J7RTMxJOgOyat> (accessible for the subscribers).

24. Reactor Database // WNA: official website. – 2022. – URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/reactor-database-search.aspx> (accessed: 18.06.2022).

25. Reaktor po narabotke oruzhejnogo plutoniya v Sibiri ostanovyat 15 aprelya [The Reactor for the Production of Weapons-Grade Plutonium in Siberia Will Be Stopped on April 15] // RIA-Novosti. – 2010. – URL: <https://ria.ru/20100414/222312352.html> (accessed: 30.06.2022).

26. Rodionov V.G. Energetika: problemy nastoyashchego i vozmozhnosti budushchego [Power Engineering: Present-Time Issues and Possibilities of the Future] / V.G. Rodionov. – Moscow: ENAS, 2010. – 352 p.

27. Rosstat v pervye rasschital dolyu nefi i gaza v rossijskom VVP. [Rosstat for the First Time Calculated the Share of Oil and Gas in Russian GDP]. – // RBC: official website – 2022. – URL: <https://www.rbc.ru/economics/13/07/2021/60ec40d39a7947f74aeb2aae> (accessed: 14.05.2022).

28. Rumyantsev A. YU. Atomnaya energetika v nastoyashchem i budushchem energoobespechenii Rossii [Nuclear Power Engineering in the Present and Future Energy Supply of Russia] // Kozlova E. A., Rumyantsev A. Y. – M., 2020. – PP. 229–237.

29. Russian Federation // IAEA PRIS. – 2022. – URL: <https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU> (дата обращения 08.11.2022).

30. Russian Federation // IAEA PRIS. – 2022. – URL: <https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU> (accessed: 08.11.2022).

31. Safety of Nuclear Power Plants: Design. // Specific Safety Requirements IAEA. – 2016. – No. SSR-2/1 Rev. 1. – 99 p.

32. Sajt Kurskoj AES [Kursk NPP Website] // Rosenergoatom Concern JSC: official website. – 2022. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-kurskoy-aes/ (accessed: 30.06.2022).

33. Sajt Leningradskoj AES Tekst: elektronnyj [Leningrad NPP Website] // Rosenergoatom Concern JSC: official website. – 2022. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-leningradskoy-aes/ (accessed: 30.06.2022).

34. Sajt PATES [PATES Website] // Rosenergoatom Concern JSC: official website – 2022. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-pates/ (accessed: 30.06.2022).

35. Sidorov I.I. Golovnoj blok novogo pokoleniya BN-800. Osobennosti vvoda v ekspluatatsiyu. Materialy 10j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Bezopasnost', effektivnost' i ekonomika atomnoj otrasli» [The Head Unit of the New Generation BN-800. Features of Commissioning. Materials of the 10th International Scientific and Technical Conference «Safety, Efficiency and Economics of the Nuclear Industry»]. / I.I. Sidorov // Press Service of Rosenergoatom. – 2016. – URL: http://mntk.rosenergoatom.ru/mediafiles/u/files/2016/Materials_2016/Plenar_rus/Golovnoj_blok_novogo_pokoleniya_Osobennosti_VE.pdf (accessed: 28.06.2022).

36. The Database of Nuclear Power Reactors // IAEA PRIS: official website. – 2022. – URL: <https://pris.iaea.org/pris/#> (accessed: 08.06.2022).

37. The Paris Agreement // UN: official website. – URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement> (accessed: 28.05.2022).

38. Ulomov V.I, Bogdanov M.I Novyj komplekt kart obshchego sejsmicheskogo rajonirovaniya territorii Rossijskoj Federacii (OSR-2012) [A New Set of Maps of the General Seismic Zoning of the Territory of the Russian Federation (OSR-2012)] / V.I. Ulomov, M.I. Bogdanov // INZHENERNYE IZYSKANIYA [ENGINEERING SURVEYS]. – 2013. – 10 p.

39. Uranium 2020: Resources, Production and Demand // OECD Publishing. – Paris, 2021. – 484 p. – URL: https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2020-12/7555_uranium_-_resources_production_and_demand_2020__web.pdf (дата обращения 18.06.2022).

40. Uranium Production by Country 2022 // World Population Review: official website. – URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/uranium-production-by-country> (accessed: 28.06.2022).

41. V. Smil. Energy Transitions: Global and National Perspectives (Second expanded and updated edition) Praeger; 2 edition. – Santa Barbara: ABC-CLIO. – 2016. – P. 282.

42. Vesti Ekonomika. 8 stran s krupnejshimi zapasami urana Ob etom soobshchaet «Rambler». [News Economics. 8 Countries with the Largest Uranium Reserves, Rambler Reports.] // Rambler.RU: official website. – 2022. – URL: news.rambler.ru/other/41125317-8-stran-s-krupneyshimi-zapasami-urana/ (accessed: 29.05.2022).
43. Vishnyakov V.E. Olovskoe mestorozhdenie [Olovskoye deposit] // Geologiya nekotoryh rudnyh mestorozhdenij Zabajkal'ya [Geology of Some Ore Deposits Of Transbaikalia]. – Chita, 1968. – P. 157-164.
44. Vybrosoy parnikovyh gazov i ih vzaimosvyaz' s vyrabotkoj energii. [Greenhouse Gas Emissions And Their Relationship With Energy Production]. – S.O.K: official website. – 2022. – URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/vybrosy-parnikovyh-gazov-i-ih-vzaimosvyaz-s-vyrabotkoy-energii> (accessed: 29.05.2022).
45. World Energy Outlook 2022 // OECD International Energy Agency. – 2022. – 386 p. – URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/7e42db90-d8ea-459d-be1e-1256acd11330/WorldEnergyOutlook2022.pdf> (accessed: 08.11.2022).
46. World Nuclear Industry Status Report 2022 Low Definition. – Paris. – A Mycle Schneider Consulting project, 2022 – 385 p.
47. World Uranium Mining Production // WNA: official website. – 2022. – URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx> (accessed: 18.06.2022).
48. Zayavlenie gendirektora Vserossijskogo NII mineral'nogo syr'ya im. Fedorovskogo Grigoriya Mashkovceva [Statement of the General Director of the All-Russian Research Institute of Mineral Raw Materials named after Fedorovsky Grigory Mashkovtsev] // INTERFAX.RU : official website. – 2022. – URL: <http://www.finmarket.ru/news/5553179> (accessed: 29.06.2022).