

С.Г. ШЕИНА¹, А.А. ФЕДОРОВСКАЯ¹¹ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕРРИТОРИИ СУБЪЕКТА РФ

Аннотация. В статье рассматривается процесс и значение многокритериальной оценки территории для обеспечения ее устойчивого развития, а также выбора возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) и места их размещения с точки зрения сохранения экологического потенциала ландшафта территории субъекта РФ. Ключевой особенностью является определение влияния ВИЭ на экологический потенциал территории ввиду многокомпонентности составляющих для оценки. Известно, что одно из преимуществ возобновляемой энергетики – это уменьшение негативного воздействия на окружающую среду, однако разные виды ВИЭ оказывают различное влияние на природную систему территории и прямое, и косвенное. Комплексная оценка территории субъекта РФ предлагается как инструмент, позволяющий интегрировать различные виды информации о состоянии потенциала территории для применения ВИЭ, экологического ландшафта, антропогенной нагрузки и прочих данных в единую систему для качественного пространственного анализа региональной системы.

Ключевые слова: территориальное планирование, градостроительство, устойчивое развитие территорий, комплексная оценка территории, возобновляемые источники энергии, экологический ландшафт, экологический потенциал.

S.G. SHEINA¹, A.A. FEDOROVSKAYA¹¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

STUDY FOR THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES ON THE ENVIRONMENTAL POTENTIAL OF THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERAL SUBJECT

Abstract. The article discusses the process and significance of a multi-criteria assessment of the territory to ensure its sustainable development, as well as the choice of renewable energy sources (hereinafter referred to as RES) and their location in terms of preserving the ecological potential of the landscape of the territory of the subject of the Russian Federation. The key feature is the determination of the impact of RES on the ecological potential of the territory due to the multicomponent components for evaluation. It is known that one of the advantages of renewable energy is to reduce the negative impact on the environment, however, different types of renewable energy have different effects on the natural system of the territory, both direct and indirect. A comprehensive assessment of the territory of a constituent entity of the Russian Federation is proposed as a tool that allows integrating various types of information on the state of the potential of the territory for the use of renewable energy sources, the ecological landscape, anthropogenic load and other data into a single system for a qualitative spatial analysis of the regional system.

Keywords: territorial planning, urban planning, sustainable development of territories, integrated assessment of the territory, renewable energy sources, ecological landscape, ecological potential.

Введение

Стратегией пространственного развития территории Российской Федерации (далее – Стратегия РФ) на период до 2025 года [1] на региональном уровне предполагается решение проблем инфраструктурных ограничений федерального значения, а также обеспечения доступности и качества магистральной инфраструктуры (транспортной, энергетической и пр.). Данные проблемы становится возможным решить за счет развития распределенной генерации, в том числе на основе возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) для труднодоступных мест, обладающих значительным природно-ресурсным потенциалом. Наряду с этим сокращение уровня межрегиональной дифференциации в социально-экономическом развитии субъектов РФ и обеспечение устойчивого развития территорий предполагается за счет:

- обеспечения комфортности городской среды;
- развития системы транспортной инфраструктуры;
- сохранения экологического потенциала ландшафта, развития зеленых территорий;
- повышения сельскохозяйственной пригодности земель, восстановления земель лесного фонда и сохранения водных ресурсов.

Сбалансированное пространственное развитие территории субъекта РФ обеспечивается за счет планирования по направлениям Стратегии РФ и может быть обеспечено только при внедрении системного подхода к анализу существующей и прогнозированию будущей ситуации (рисунок 1).



Рисунок 1 – Сбалансированное пространственное развитие территории субъекта РФ

Одна из 17 целей устойчивого развития ООН - обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии [10]. Осуществление данной цели возможно за счет увеличения доли ВИЭ.

Причинами необходимости использования системного и интегрированного подходов при сбалансированном пространственном развитии территории субъекта РФ являются:

- разнохарактерность компонентов обеспечения устойчивого территориального развития;
- многокритериальность территориальной системы;
- взаимное влияние всех подсистем внутри территориальной системы – субъект РФ.

Особое внимание следует уделить последнему пункту в части вопросов, связанных с сохранением чистой окружающей среды и развитию энергетической инфраструктуры, в частности использованию ВИЭ. С одной стороны, улучшению экологической ситуации на территории субъекта РФ способствуют развитие зеленых технологий, возобновляемой энергетики и уменьшение воздействия хозяйственной деятельности путем внедрения энергоэффективных технологий [2]. С другой стороны, ВИЭ-оборудование при строительстве, производстве, эксплуатации и утилизации, а также в технологической цепочке применения «зеленых» энергоносителей, оказывает прямое и косвенное влияние на экологический потенциал ландшафта территории [3].

Экологический потенциал – совокупность климатических условий и природных ресурсов, доступных для населения, позволяющих без ущерба отдавать нужную для человеческой деятельности продукцию и производить полезную для него работу. Объективно возникает потребность в сохранении функционирования экосистемы, обеспечения рационального природопользования в интересах общества.

Анализ выбросов и воздействия ВИЭ на окружающую среду приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Удельные выбросы загрязнителей от ВИЭ при получении единицы энергии, г/(кВт·ч) [4]

Вид возобновляемого источника энергии	Загрязнитель окружающей среды		
	CO ₂	SO ₂	NO _x
Биотопливо	15 – 18	0,06 – 0,08	0,35 – 0,51
Малые гидроэлектростанции	9	0,03	0,07
Традиционные гидроэлектростанции	3,6 – 11,6	0,009 – 0,024	0,003 – 0,006
Солнечные фотоэлементы	98 – 167	0,20 – 0,34	0,18 – 0,30
Солнечные коллекторы	26 – 38	0,13 – 0,27	0,06 – 0,13
Ветровые установки	7 – 9	0,02 – 0,07	0,02 – 0,06
Геотермальные установки	79	0,02	0,28

Исходя из таблицы можно сделать вывод, что приоритетными ВИЭ в рамках низкоуглеродного развития являются: ветровые установки, объекты гидроэнергетики и биотопливные установки. Тем не менее, стоит отметить, что в целом выбросы при работе ВИЭ значительно меньше выбросов, чем при использовании традиционных источников энергии, таких как газ и природный, уголь.

Модели и методы

В качестве инструмента для систематизации информации о состоянии территории субъекта РФ, сохранения ее экологического потенциала и развития возобновляемой энергетики целесообразно использовать методику комплексной оценки. Суть комплексной оценки территории заключается в многокритериальном анализе качественных и количественных показателей состояния территорий с последующим формированием обобщающего вывода о:

- текущем состоянии экологического ландшафта и потенциала территории субъекта РФ;
- текущем развитии возобновляемой энергетики на территории субъекта РФ;
- приоритетных территориях для развития возобновляемой энергетики различных типов (функциональная приоритетность территории) [5-7].

Рассмотрим систему факторов комплексной оценки территории для сохранения ее экологического потенциала и развития возобновляемой энергетики на примере развития ветроэнергетики, гидроэнергетики и биотопливных установок, представленную в таблице 2.

Таблица 2 – Система факторов комплексной оценки территории для сохранения ее экологического потенциала и развития возобновляемой энергетики [8]

Группа факторов	Ф	Фактор	Оценка в баллах
Природные (климатообразующие)	Ф1	Скорость ветра	0-1
	Ф2	Перепады высот земной поверхности	0-1
Инфраструктурные	Ф3	Водоснабжение и водоотведение	0-1
	Ф4	Газоснабжение	0-1
	Ф5	Транспорт	0-1
	Ф6	Наличие биотопливного сырья (радиус влияния)	0-1
Пространственно-экономические	Ф7	Инвестиционная привлекательность региона	0-1
	Ф8	Расстояние до крупных региональных центров	0-1
Экологические	Ф9	Антропогенная нагрузка	0-1
	Ф10	Экологический потенциал	0-1

Исходной информацией для многокритериальной оценки территории субъекта РФ с целью анализа существующей ситуации и определения пригодности ее для размещения ВИЭ нужно проанализировать следующие виды исходной информации являются:

- тематические климатические карты субъекта РФ;
- схема территориального планирования;
- результаты экологического мониторинга субъекта РФ;
- стратегия социально-экономического развития до 2050 года с учетом низкоуглеродного развития;
- ежегодный (квартальный) отчет информационный обзор рынка ВИЭ в России (источник – Ассоциация возобновляемой энергетики);
- статистические данные Росстата;
- архивные данные по климатологии субъекта РФ.

Сопоставление и учет такого объема данных на уровне субъекта РФ становится возможным при использовании геоинформационных систем, которые позволяют интегрировать полученную информацию в единую среду.

Примерами на уровне России являются следующие карты, представленные на рисунках 2 и 3:

а)



б)

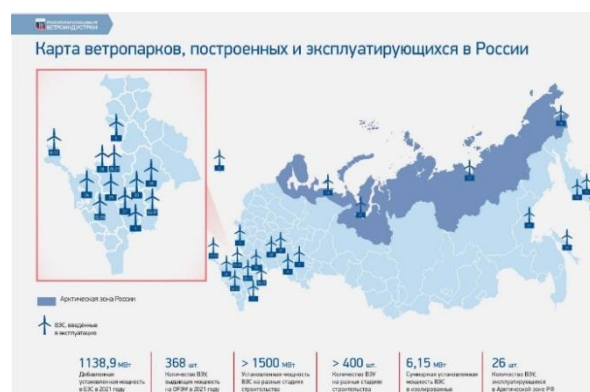


Рисунок 2 – Карты Российской Федерации о состоянии ветроэнергетики:
а) Карта ветроэнергетического потенциала РФ, б) Карта ветропарков РФ [9]

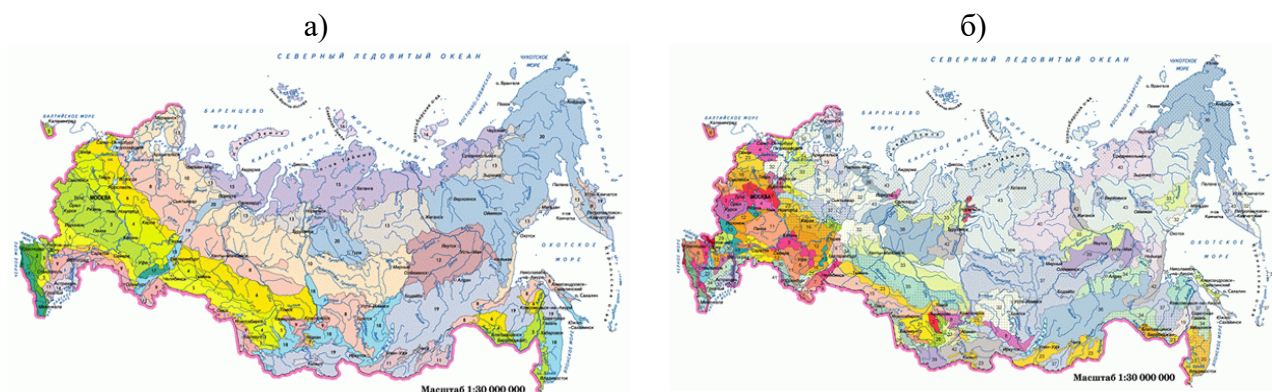


Рисунок 3 – Карты состояния окружающей среды на территории Российской Федерации:
 а) Карта экологического потенциала ландшафта РФ, б) Карта антропогенной нагрузки РФ [10]

Результаты исследования и их анализ

На уровне субъекта РФ выполнена комплексная оценка территории Ростовской области по всем десяти факторам, результатом которой являются тематические карты из четырех групп:

- природные (климатообразующие),
- инфраструктурные,
- пространственно-экономические
- экологические.

Примеры карт Ростовской области по трем факторам комплексной оценки территории приведены на рисунке 4.

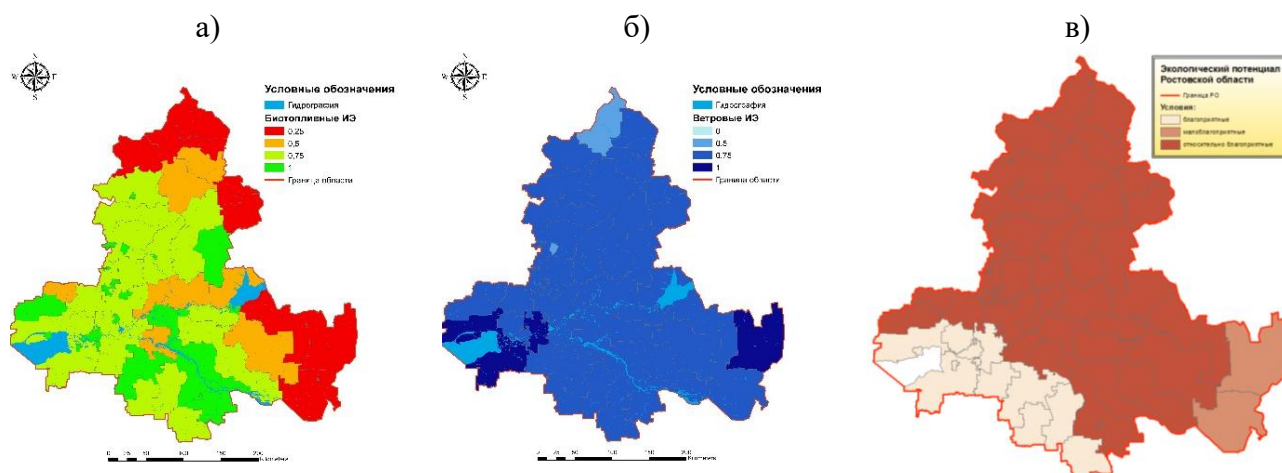


Рисунок 4 – Факторы комплексной оценки территории субъекта РФ:
 а) Источники биотопливного сырья, б) Ветровой потенциал в) Экологический потенциал

Карты комплексной оценки территории по совокупности факторов позволяют оптимизировать выбор территории для развития той или иной отрасли возобновляемой энергетики с учетом определенных особенностей каждой из них.

Экологический потенциал территории определяется:

- климатом (ветер и его скорость, влажность воздуха, теплообеспеченность, осадки т.д);
- водообеспеченностью (достаточностью и качеством питьевой воды);
- растительным и животным миром, а также его многообразием [10, 11].

Стоит уделить особое внимание косвенным факторам, оказывающим влияние на экологический потенциал территории при развитии возобновляемой энергетики по трем рассматриваемым приоритетным для Ростовской области направлениям (таблица 3).

Таблица 3– Косвенные факторы влияния ВИЭ на окружающую среду [12-15].

N	Отрасль энергетики	Влияние	Решение части проблем
1	Ветроэнергетика	шумовой эффект, вибрация, угроза летающим птицам, препятствие распространению радиосигналов, угроза гибели птиц, металлоемкость ветроустановок (загрязнение при производстве металла)	Шум и вибрация: увеличение зоны вокруг ВЭС и ее удаленности от населенных пунктов в пределах нормируемых значений по шуму и вибрации. вариантный выбор скорости вращения ветроколеса и профилей лопастей для решения проблемы – ультразвуковое загрязнение. Препятствие распространению радиосигналов: вместо металлических и деревянных изготовление лопастей без металлических включений из стекловолокна.
2	Биоэнергетика	Чистая энергетика за счет: — улучшения микроклимата благодаря использованию воды и рециркуляционных механизмов; — улучшения структуры грунта и снижение загрязнения воды; — снижения эмиссии в объеме вырабатываемой энергии.	Часть технологий получения биотоплива является природоохранной исходя из того, что является источником отходов: — отрасль животноводства, — отрасль пищевой промышленности. Рассматриваемые виды технологий переработки отходов позволяют предотвратить загрязнение воздуха, воды и почв.
3	Гидроэнергетика	Малые гидроэлектростанции: крайне ограничено влияют на окружающую среду	комплекс природоохранных и защитных мероприятий, позволяющий снизить влияние малых ГЭС на водную экосистему, а также исключить подтопление земель и сократить площадь отводимых земель.
		Приливные электростанции: негативно влияют на флору и фауну рек за счет изменения водного режима	комплекс природоохранных и компенсационных мероприятий; использование беспилотных электростанций, использующих скоростную энергию прилива.

Определение факторов, оказывающих влияние на экологический потенциал территории и природного ландшафта при развитии возобновляемой энергетики является центральной проблемой, которая решается с помощью методического инструментария: многокритериальная оценка территории, информационное моделирование пространственного развития субъекта РФ и применение геоинформационных систем.

Следующим этапом развития данного исследования является разработка имитационной модели устойчивого развития территории субъекта РФ при внедрении ВИЭ с учетом экологических мероприятий для сохранения экологического потенциала ландшафта [16-20].

Выводы

Основная цель оценки экологического потенциала территории субъекта РФ - формирование общего представления о среде жизнедеятельности человека и создание научного обоснования для ведения грамотной и рациональной градостроительной политики.

Многокритериальная оценка территории субъекта РФ, как инструмент пространственного планирования, позволяет учитывать развитие различных отраслей возобновляемой энергетики, совершенствовать систему расселения, учитывать экологическое состояние ландшафта, обеспечивать рациональную организацию труда и отдыха и другие социальные аспекты региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Стратегии пространственного развития до 2025 года [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/35733/> (дата обращения: 22.06.2022).
2. Что климат грядущий нам готовит [Электронный ресурс]. URL: <https://globalenergyprize.org/ru/2022/06/14/chto-klimat-gryadushhij-nam-gotovit/> (дата обращения: 22.06.2022).
3. Экологическая оценка использования возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agroxxi/fakty-mneniya-komentarii/yekologicheskaya-ocenka-ispolzovaniya-vozobnovljajemyh-istochnikov-yenerгии.html> (дата обращения: 22.06.2022).
4. Sologubova G.S., Prospects for the development of renewable energy sources in the Russian Federation J. Technical and technological problems of service. 2020. № 2 (52). Pp. 55-63.
5. Шеина С.Г., Хамадова А.А., Сердюкова А.А. Разработка методики планирования сельских территорий в рамках развития агропромышленного комплекса Ростовской области // Недвижимость: экономика, управление. 2018. № 1. С. 41-46.
6. Теличенко В.И., Щербина Е.В. Социально-природно-техногенная система устойчивой среды жизнедеятельности // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 6. С. 5-12. doi:10.33622/0869-7019.2019.06.5-12.
7. Вильнер М.Я. О градостроительных основах инновационного развития России // БСТ: бюллетень строительной техники. 2009. № 1. С. 38-40.
8. Шеина С.Г., Федоровская А.А., Шевелева А.А. Комплексная оценка территории как механизм выбора местоположения и вида альтернативного источника энергии // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2017. № 10(998). С. 38-41.
9. Российская Ассоциация Ветроиндустрии, РАВИ [Электронный ресурс]. URL: <https://rawi.ru/> (дата обращения: 25.06.2022).
10. Национальный атлас России [Электронный ресурс]. URL: <https://nationalatlas.ru/> (дата обращения: 25.06.2022).
11. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. — ООН, Нью-Йорк, сентябрь 2015 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> (дата обращения: 25.06.2022).
12. Balat M., Usage of Energy Sources and Environmental Problems // J. Energy Exploration & Exploitation. 2005. № 23(2). Pp. 141-167.
13. Uzun V.Y., State Program for the Comprehensive Development of Rural Areas: Analysis of the Project // J.Economic Development of Russia. 2019. № 26(5). Pp. 30-34.
14. Kurbatova S.M., State program "Comprehensive development of rural areas": general characteristics // Problems of modern agricultural science Materials of Intern. scientific. conf. Krasnoyarsk: Publishing house of the Krasnoyarsk GAU. 2020. Pp. 437-440.
15. Энергетика: история, настоящее и будущее. [Электронный ресурс]. URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-3/section-5> (дата обращения: 25.06.2022).
16. Щербина Е.В., Данилина Н.В. Градостроительные аспекты проектирования устойчивой городской среды // Вестник ИргТУ. 2014. № 11(94). [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gradostroitelnye-aspekty-proektirovaniya-ustoychivoy-gorodskoy-sredy> (дата обращения: 30.06.2022).
17. Король Е.А., Журавлева А.А. Improvement of organizational and technological design of low-rise residential buildings with consumption of fuel and energy resources // Недвижимость: экономика, управление. 2021. № 2. С. 63-68.
18. Щербина Е.В., Горбенкова Е.В. Оценка факторов, обеспечивающих устойчивое развитие сельских поселений // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. № 4 (16). С. 97-105.
19. Graboviy P. Environmental aspects of substantiation of the production decision efficiency // MATEC Web Conf. 2018, 193, 05017. doi:<https://doi.org/10.1051/mateconf/201819305017>.

20. Phillis A., Grigoroudis E., Kouikoglou V. Assessing national energy sustainability using multiple criteria decision analysis // *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 2021. No. 28(1). Pp. 18-35. doi:10.1080/13504509.2020.1780646/

REFERENCES

1. Ob utverzhdenii Strategii prostranstvennogo razvitija do 2025 goda [Elektronnyj resurs]. URL:<http://government.ru/docs/35733/> (data obrashhenija: 22.06.2022).
2. Chto klimat grjadushhij nam gotovit [Elektronnyj resurs]. URL:<https://globalenergyprize.org/ru/2022/06/14/chto-klimat-gryadushhij-nam-gotovit> (data obrashhenija: 22.06.2022).
3. Jekologicheskaja ocenka ispol'zovanija vozobnovljaemyh istochnikov jenergii [Elektronnyj resurs]. URL:<https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agroxxi/fakty-mnenija-komentarii/yekologicheskaja-ocenka-ispolzovanija-vozobnovljaemyh-istochnikov-yenergii.html> (data obrashhenija: 22.06.2022).
4. Sologubova G.S. Prospects for the development of renewable energy sources in the Russian Federation J. Technical and technological problems of service. 2020. No. 2 (52). Pp. 55-63.
5. Sheina S.G., Hamavova A.A., Serdjukova A.A. Razrabotka metodiki planirovaniya sel'skih territorij v ramkah razvitija agrarnopromyshlennogo kompleksa Rostovskoj oblasti // *Nedvizhimost': jekonomika, upravlenie*. 2018. No. 1. Pp. 41-46.
6. Telichenko V.I., Shherbina E.V. Social'no-prirodno-tehnogennaja sistema ustojchivoj sredy zhiznedejatel'nosti // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2019. No. 6. Pp. 5-12. doi:10.33622/0869-7019.2019.06.5-12.
7. Vil'ner M. Ja. O gradostroitel'nyh osnovah innovacionnogo razvitija Rossii // *BST: bjulleten' stroitel'noj tehniki*. 2009. No. 1. Pp. 38-40.
8. Sheina S.G., Fedorovskaja A.A., Sheveleva A.A. Kompleksnaja ocenka territorii kak mehanizm vybora mestopolozhenija i vida al'ternativnogo istochnika jenergii // *BST: Bjulleten' stroitel'noj tehniki*. 2017. No. 10(998). Pp. 38-41.
9. Rossijskaja Associacija Vetroindustrii, RAVI [Elektronnyj resurs]. URL:<https://rawi.ru/> (data obrashhenija: 25.06.2022).
10. Nacional'nyj atlas Rossii [Elektronnyj resurs]. URL <https://nationalatlas.ru/> (data obrashhenija: 25.06.2022).
11. Preobrazovanie nashego mira: Povestka dnja v oblasti ustojchivogo razvitija na period do 2030 goda. — OON, N'ju-Jork, sentjabr' 2015 g. [Elektronnyj resurs]. URL:<https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> (data obrashhenija: 25.06.2022).
12. Balat M., Usage of Energy Sources and Environmental Problems // *J. Energy Exploration & Exploitation*. 2005. No. 23(2). Pp. 141-167.
13. Uzun V.Y., State Program for the Comprehensive Development of Rural Areas: Analysis of the Project // *J.Economic Development of Russia*. 2019. No. 26(5). Pp. 30-34.
14. Kurbatova S.M., State program "Comprehensive development of rural areas": general characteristics // *Problems of modern agricultural science Materials of Intern. scientific. conf. Krasnoyarsk: Publishing house of the Krasnoyarsk GAU*. 2020. Pp.4 37-440.
15. Jenergetika: istorija, nastojashhee i budushhee. [Elektronnyj resurs]. URL:<http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-3/section-5> (data obrashhenija: 25.06.2022).
16. Shherbina E.V., Danilina N.V. Gradostroitel'nye aspekty proektirovaniya ustojchivoj gorodskoj sredy // *Vestnik IrGTU*. 2014. No. 11 (94). [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gradostroitelnye-aspekty-proektirovaniya-ustoychivoy-gorodskoj-sredy> (data obrashhenija: 30.06.2022).
17. Korol' E.A., Zhuravleva A.A. Improvement of organizational and technological design of low-rise residential buildings with consumption of fuel and energy resources // *Nedvizhimost': jekonomika, upravlenie*. 2021. No. 2. Pp. 63–68.
18. Shherbina E.V., Gorbenkova E.V. Ocenka faktorov, obespechivajushhih ustojchivoe razvitie sel'skih poselenij // *Biosfernaja sovместimost': chelovek, region, tehnologii*. 2016. No. 4 (16). Pp. 97-105.
19. Graboviy P. Environmental aspects of substantiation of the production decision efficiency // *MATEC Web Conf*. 2018, 193, 05017. doi:<https://doi.org/10.1051/mateconf/201819305017>.
20. Phillis A., Grigoroudis E., Kouikoglou V. Assessing national energy sustainability using multiple criteria decision analysis // *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 2021. No. 28(1). Pp.18-35, doi:10.1080/13504509.2020.1780646/.

Информация об авторах:

Шейна Светлана Георгиевна

ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия,
доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Городское строительство и хозяйство».
E-mail: rgsu-gsh@mail.ru

Федоровская Альбина Ахмедовна

ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство».
E-mail: bina-87@mail.ru

Information about authors:

Sheina Svetlana G.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia,
doctor of technical science, professor, head of the department «Urban engineering and facilities».
E-mail: rgsu-gsh@mail.ru

Fedorovskaya Albina A.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia,
candidate of technical science, Associate Professor of the Department of «Urban engineering and facilities».
E-mail: bina-87@mail.ru