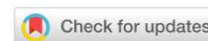


ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

URBAN PLANNING, PLANNING OF RURAL SETTLEMENTS



УДК 711.25

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-3-49-60>

Имитационная модель оценки влияния объектов возобновляемой энергетики на экологическое состояние субъекта РФ



EDN: EOFJCQ

А.А. Федоровская , О.Д. Гладышева 

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ bina-87@mail.ru

Аннотация

Введение. В условиях «зеленого перехода» и декарбонизации экономики в Российской Федерации для сопровождения данного процесса необходимо иметь инструмент оптимизации выбора территории с целью размещения альтернативных источников энергии как варианта гибридного децентрализованного энергоснабжения. При этом для разных видов источников альтернативной энергетики территория и ее характеристики должны различаться, соответственно, обоснованы применение системного подхода и адаптация методики комплексной оценки территории для перспективного планирования внедрения возобновляемых источников энергии в энергетический комплекс субъекта РФ.

Материалы и методы. Объектом исследования является территориально-пространственная система — субъект РФ — и ее подсистемы. В основу исследования заложен синергетический подход, сравнительный и эмпирический анализы, методы обработки статистической информации, а при интеграции исходных данных — метод линейной интерполяции и целевой функции. Основные сферы научного знания и отрасли наук, охватываемые исследованием — это градостроительство, климат и география, энергетический комплекс. В качестве инструмента пространственного анализа и визуализации данных имитационной модели используются географические информационные системы в среде QGIS.

Результаты исследования. Основным результатом реализации имитационной модели оценки влияния объектов возобновляемой энергетики на экологическое состояние субъекта РФ является перечень территорий (рейтинг районов) для размещения источников альтернативной энергии (солнечная энергия, ветроэнергетика и биотопливо). Второстепенным результатом исследования является выявление экологических проблем и последствий внедрения объектов альтернативной энергии, а также подбор мероприятий для снижения негативных последствий на окружающую среду.

Обсуждение и заключение. Теоретическая и практическая значимость разработанной авторами имитационной модели заключается в учете разнохарактерных параметров и условий субъекта РФ при перспективном и стратегическом планировании региона, его энергетической и пространственной инфраструктуры, а также в оптимизации принятия управленческих решений. Использование геоинформационных систем позволяет не только хранить и визуализировать данные о состоянии субъекта РФ, но и производить моделирование этих показателей.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, территориальное планирование, субъект РФ, комплексная оценка, митигация, имитационная модель, экологический ландшафт

Для цитирования. Федоровская А.А., Гладышева О.Д. Имитационная модель оценки влияния объектов возобновляемой энергетики на экологическое состояние субъекта РФ. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2024;3(3):49–60. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-3-49-60>

A Simulation Model for Assessing the Impact of the Renewable Energy Facilities on the Ecological Condition of a Subject of the Russian Federation

Albina A. Fedorovskaya  , Olga D. Gladysheva 

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

 bina-87@mail.ru

Abstract

Introduction. In the context of the “green transition” and decarbonisation of the Russian Federation economy, for the sake of supporting this process, it is necessary to have a tool optimising the choice of the territory allocated for implementation of the alternative energy sources as an option of the hybrid decentralised energy supply. It should be borne in mind that the types of alternative energy sources should differ depending on the territory and its features, therefore, application of the systematic approach and adjustment of the methodology of comprehensive assessment of the territory for future planning the integration of the renewable energy sources into the energy complex of a subject of the Russian Federation have been substantiated.

Materials and Methods. The object of the study was the territorial–spatial system (a subject of the Russian Federation) with its subsystems. The research was based on the synergistic approach, comparative and empirical analyses, methods of processing the statistical data and, in the cases of integrating the source data, the linear interpolation and the criterion function methods. The main fields of scientific knowledge and disciplines of science covered by the research were the urban planning, climate, geography and the energy complex. The geographic information systems within the QGIS environment were used as the tools for spatial analysis and visualisation of the simulation model data.

Results. The main result of implementing a simulation model for assessing the impact of the renewable energy facilities on the ecological condition of a subject of the Russian Federation is obtaining the list of territories (region ranking) designated for allocation of the alternative energy sources (solar power, wind power and biofuels). A secondary result of the research is identification of the environmental problems and consequences caused by implementation of the alternative energy facilities, as well as selection of the measures to reduce the negative impact on the environment.

Discussion and Conclusion. The theoretical and practical significance of the simulation model developed by the authors lies in taking into account the diverse parameters and conditions of a subject of the Russian Federation in the frame of the long-term and strategic planning of the region, its energy and spatial infrastructure, as well as in optimising the managerial decision-making. The use of the geoinformation systems makes it possible not only to store and visualise the data about the condition of a subject of the Russian Federation, but also to simulate the parameters of this data.

Keywords: renewable energy sources, territorial planning, subject of the Russian Federation, comprehensive assessment, mitigation, simulation model, landscape ecology

For citation. Fedorovskaya AA, Gladysheva OD. A Simulation Model for Assessing the Impact of the Renewable Energy Facilities on the Ecological Condition of a Subject of the Russian Federation. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2024;3(3):49–60. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-3-49-60>

Введение. В России природно-климатические изменения и адаптация к ним в настоящее время занимают ключевое место в процессах территориального планирования и градостроительной политики: накопление экологического ущерба приводит к росту уязвимости территории и подверженности ее опасным природным явлениям и процессам, снижению комфортности жизнедеятельности в городах и сельских поселениях. В настоящее время экологическая повестка расширяется:

- адаптация к изменениям климата;
- митигация изменений климата;
- декарбонизация экономики и ее основных отраслей;
- мониторинг состояния окружающей среды;
- сохранение природного ландшафта;
- модернизация энергетического комплекса страны.

Синергетический подход к территориально-пространственной структуре субъекта РФ обеспечивает стратегическое планирование с учетом развития топливно-энергетического комплекса и природно-экологического каркаса [1–4].

Соблюдение принципов Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года [5] определяет развитие и оптимизацию систем децентрализованного энергоснабжения для каждого субъекта РФ с учетом особенностей его территории и в контексте реализации его отраслевой специализации (промышленного потенциала). Наиболее актуальным с точки зрения управления низкоуглеродным развитием субъекта РФ является снижение энергоемкости производств, предприятий и их жизненных циклов путем вовлечения в энергетический баланс субъекта РФ возобновляемых источников энергии (далее — ВИЭ) [6, 13].

Для достижения углеродной нейтральности необходимо обобщить исследования в области оценки природно-экологических рисков, антропогенного воздействия на территориальную систему, а также развития децентрализованного энергоснабжения и возобновляемой энергетики [7].

Для осуществления стратегического планирования целесообразно использовать такой метод, как имитационное моделирование [8]. Для решения задач территориального планирования в имитационную модель закладывается система, программный продукт или программное обеспечение, которое позволит учитывать процессы из различных подсистем субъекта РФ:

- социально-экономическая подсистема (оценка плотности населения, благополучие и среда жизнедеятельности);
- территориально-пространственная подсистема (транспортная, инженерная, коммунальная и прочие виды инфраструктур);
- экологическое районирование и мониторинг состояния окружающей среды.

После систематизации всей представленной информации и путём проведения серии компьютерных расчетов с помощью метода имитационного моделирования становится возможным выбрать из совокупности рассчитанных решений оптимальный вариант дальнейшего развития субъекта РФ. Достоинством применения метода имитационного моделирования является то, что становится возможным проверить выбранный вариант развития территории, применения экологических мероприятий и других процессов, важных для территориального планирования, без проведения реальных экспериментов и изысканий. Технически становится возможным демонстрировать результаты имитационного моделирования, применяя геоинформационные системы (такие как QGIS, OpenStreetMap и др.) для обобщения, систематизации информации и формирования базы информации о состоянии субъекта РФ по всем параметрам [10, 11].

Материалы и методы. В рамках проведенного исследования используется сравнительный анализ для определения обеспеченности территории объектами инженерной и транспортной инфраструктуры, антропогенного воздействия и экологического состояния природного ландшафта, метод анализа иерархий и метод целевой функции. В основе методики лежит имитационная модель по снижению негативного воздействия на экологический ландшафт субъекта РФ при развитии возобновляемой энергетики (рис. 1).

Обязательной частью исходной информации является статистическая информация, картографический материал, а также данные экологического мониторинга о состоянии загрязнения окружающей среды. Данные о перспективном развитии мощностей энергетического потенциала региона собираются согласно проекту «Схема и программа перспективного развития электроэнергетики ЕЭС России и субъектов РФ» (далее — СиПР ЕЭС).

Первый этап имитационной модели включает в себя сбор исходных данных из следующих источников:

1. Территориально-пространственное развитие субъекта РФ (анализ существующей ситуации):
 - схема территориального планирования субъекта РФ;
 - СиПР ЕЭС.
2. Стратегическое планирование субъекта РФ (прогноз и планы):
 - стратегия социально-экономического развития региона;
 - стратегия устойчивого развития сельских территорий до 2030 года.
3. База нормативно-правовых актов в области возобновляемых источников энергии.

Эффективная интеграция ВИЭ в единую энергетическую систему России происходит при оптимальном выборе их месторасположения с точки зрения климатообразующих факторов — источников энергетического ресурса (максимальный потенциал ветра, солнца и т. п.) — и с учетом необходимости решения задач по оптимальному использованию и развитию сетевой инфраструктуры, а также поддержанию ресурсов регулирования в энергосистеме [12].

Вторым этапом является выделение критериев оценки устойчивости территории. Устойчивое развитие любой территории определяется совокупностью факторов. В рамках методики комплексной оценки территории факторами определения приоритетных территорий для размещения объектов ВИЭ являются факторы, представленные на рис. 2–4.

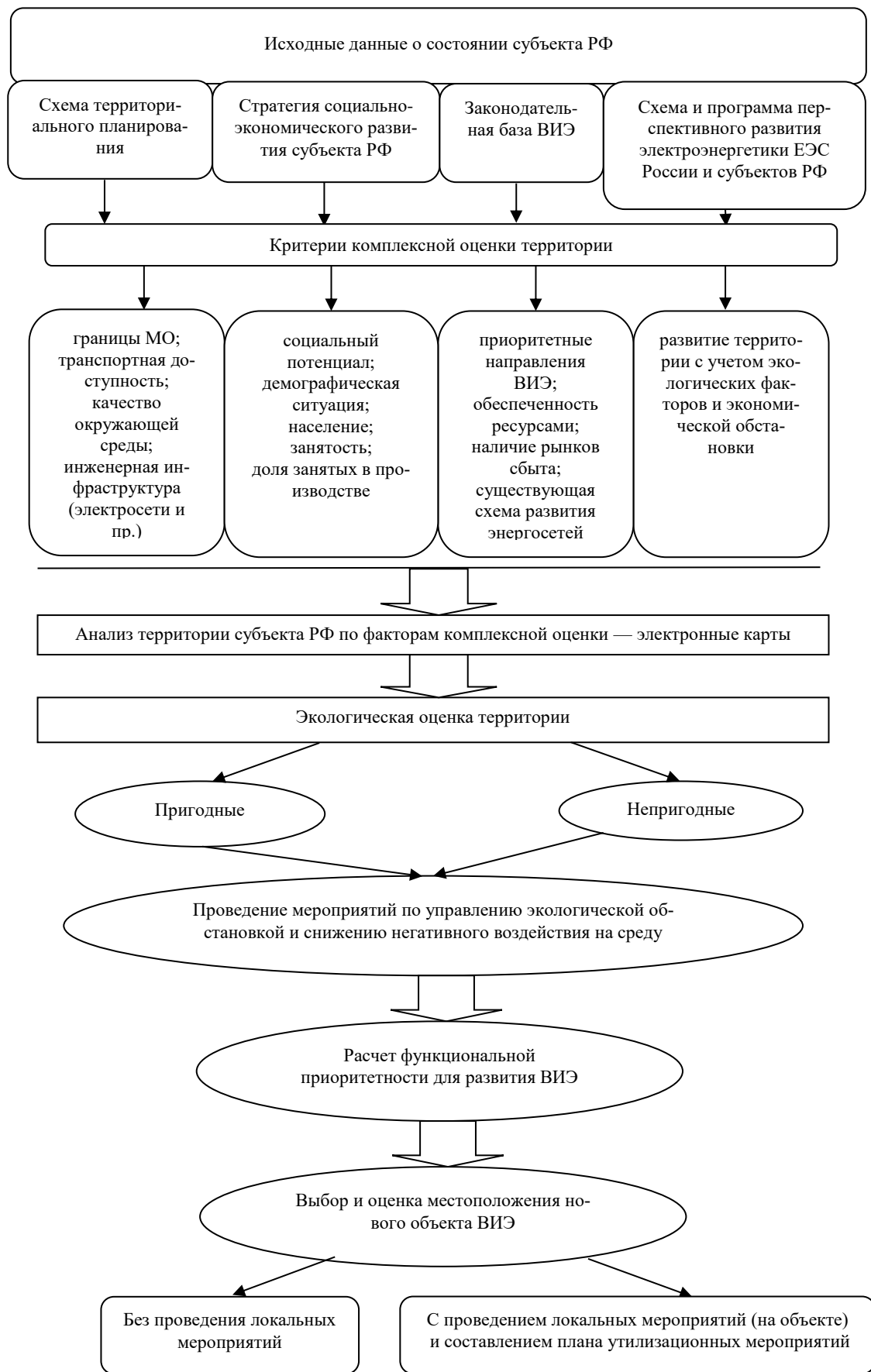


Рис. 1. Имитационная модель по снижению негативного воздействия на экологический ландшафт субъекта РФ при развитии возобновляемой энергетики

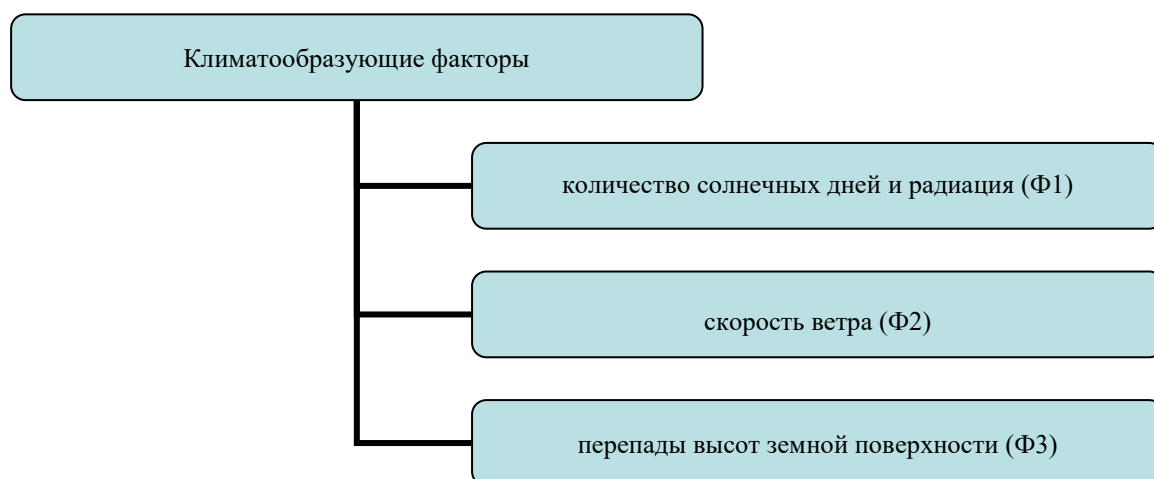


Рис. 2. Первая группа факторов комплексной оценки — климатообразующие

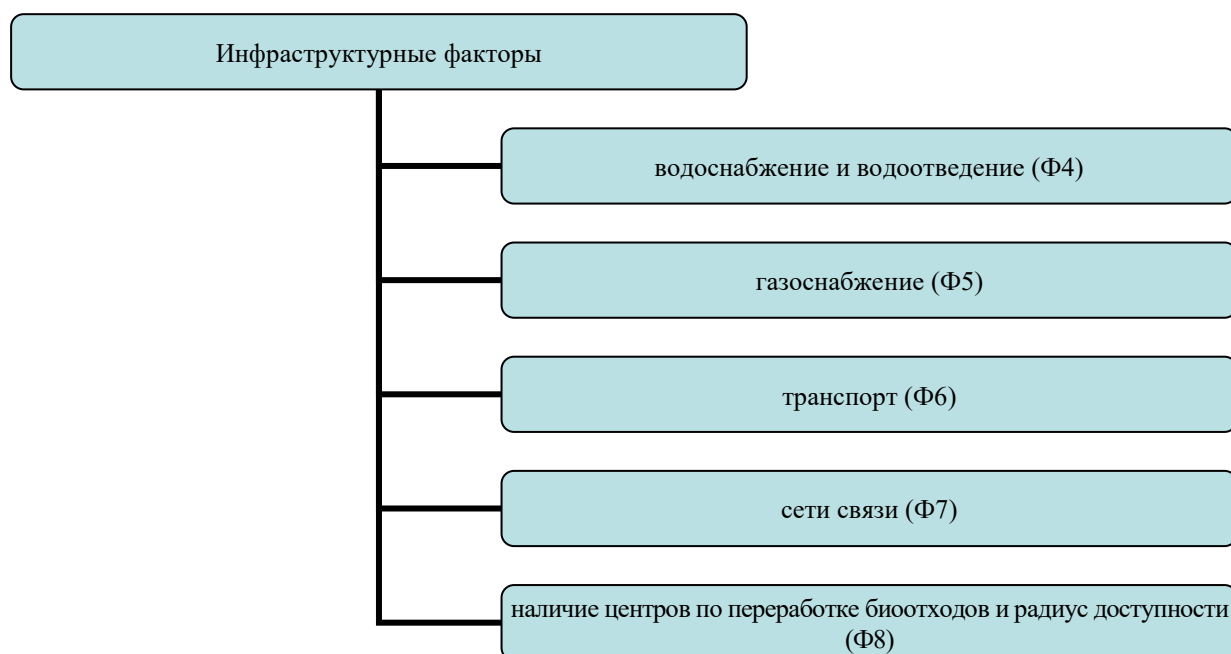


Рис. 3. Вторая группа факторов комплексной оценки — инфраструктурные

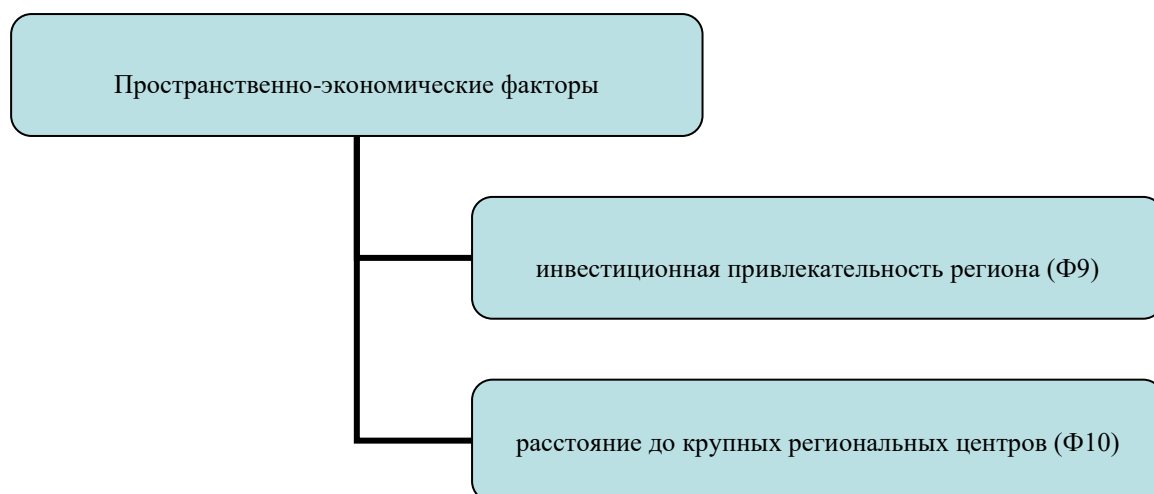


Рис. 4. Третья группа факторов комплексной оценки — пространственно-экономические

Данный перечень факторов был разработан авторами исследования [11, 13] в 2022 году. Каждый фактор оценивается в пределах от 0 до 1 методом линейной интерполяции для возможности применения результатов оценки в расчете целевой функции. В качестве примера линейной интерполяции для оценки Ф1 «Количество солнечных дней и радиация» пример разбивки представленного фактора продемонстрирован в таблице 1.

Таблица 1

Оценка территории на основании среднемесячного количества солнечных дней для субъекта РФ

№ п/п	Часов в месяц	Количество солнечных дней в месяц	Балл
1	70–105	10–15	0,25
2	112–119	16–17	0,5
3	126–140	17–20	0,75
4	свыше 140	свыше 20	1

Результаты исследования. На третьем этапе строятся электронные карты с результатами комплексной оценки территории по всем трем группам факторов, на рис. 5 представлены карты по двум факторам.

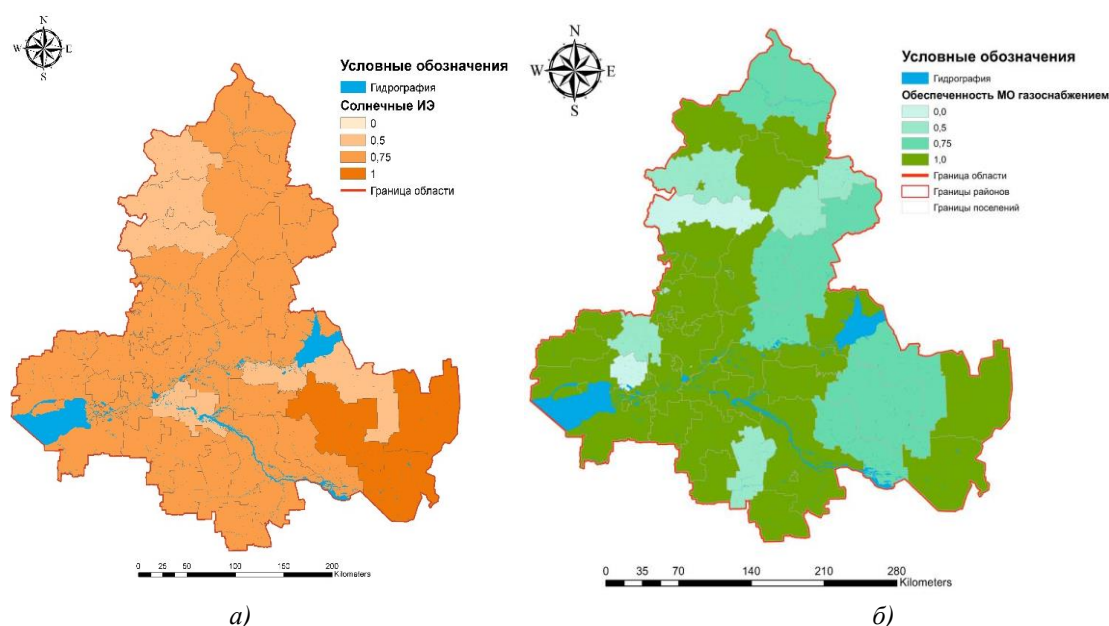


Рис. 5. Карты комплексной оценки территории: а — среднемесячное количество солнечных дней в Ростовской области; б — обеспеченность муниципальных районов Ростовской области объектами (сетями) газоснабжения

Четвертый этап предполагает интеграцию в систему комплексной оценки территории блока с экологическими факторами (загрязнение воздуха, загрязнение почвы, воды и экологический потенциал территории). Защита окружающей среды является составной частью концепции повышения комфортности проживания, поэтому анализ экологической обстановки и разработка комплекса мероприятий является одним из ключевых этапов формирования имитационной модели устойчивого развития территории субъекта РФ при внедрении ВИЭ. Рассматриваемые мероприятия оцениваются с точки зрения их эффективности и внедряются в процесс комплексной оценки территории в среде QGIS. Разрабатываются карты по следующим параметрам на весь субъект РФ с разбивкой по муниципальным образованиям:

П1. Загрязнение воздуха — 0–1.

П2. Загрязнение почв — 0–1.

П3. Загрязнение воды — 0–1.

П — экологический потенциал — результат суммирования параметров экологического загрязнения.

На рис. 6 представлен пример — карта экологического потенциала Ростовской области, рассчитанного из совокупности факторов П1–П3. Чем ниже результирующий балл после проведения интегральной оценки факторов, тем хуже состояние экологического потенциала территории.

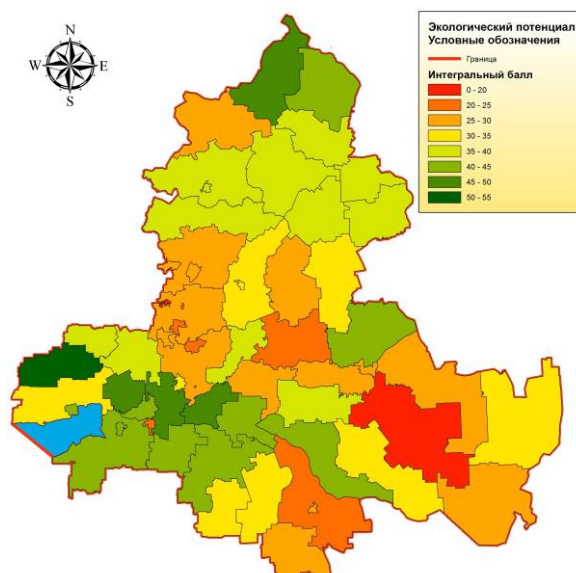


Рис. 6. Экологический потенциал Ростовской области

С учетом полученных результатов оценки экологического ландшафта территории субъекта РФ разрабатываются и предлагаются мероприятия по снижению антропогенной, сельскохозяйственной и промышленной нагрузки. Пример представлен в таблице 2. Этот процесс является моделированием повышения комфортности проживания на территории субъекта РФ в рамках природно-техногенной среды, а мероприятия представлены по заявленным выше экологическим факторам с оценкой их эффективности [14–18, 21].

Таблица 2

Мероприятия по снижению антропогенного воздействия и повышению экологического потенциала территории субъекта РФ

Вид ВИЭ	Прямое влияние ВИЭ на экологию	Косвенное влияние ВИЭ на экологию	Мероприятия и их эффективность	Составляющая экологического потенциала (факторы П)
Солнечная энергетика	Выбросы в атмосферу (CO_2 , SO_2 , NO_x)	Нет	СЗЗ, исходя из класса вредности, очистка выбросов от примесей	П1 — Загрязнение атмосферного воздуха
	Загрязнение при утилизации коллекторов и панелей	Нет	Разработка плана утилизации для коллекторов и панелей	П2 — Загрязнение почв
Ветряная энергетика	Выбросы в атмосферу (CO_2 , SO_2 , NO_x)	Шум, угроза птицам	СЗЗ, исходя из класса вредности, очистка выбросов от примесей, увеличение расстояния до населенных пунктов	П1 — Загрязнение атмосферного воздуха
	Загрязнение при утилизации металлом	Высокая металлоемкость производства и вибрация	Разработка плана экологичной утилизации и вторичной переработки материалов. Внедрение экологичных материалов в производство составляющих ветряных установок (древесина, стекловолокно и др.)	П2 — Загрязнение почв
Биотопливо	Выбросы в атмосферу (CO_2 , SO_2 , NO_x) на минимальном уровне	Нет	Технологии переработки отходов отраслей животноводства и растениеводства сами по себе являются мероприятием по снижению загрязнения воздуха, воды и почвы	П1 — Загрязнение атмосферного воздуха
	Не оказывает	Нет	Разработка системы переработки отходов во вторичное сырье	П2 — Загрязнение почв

На пятом этапе в соответствии с методикой проведения оценки функциональной приоритетности [19] производится расчет целевой функции территории Ростовской области для использования ВИЭ в жилищном строительстве. В исследовании расчет производился по трем видам ВИЭ: солнечная энергетика, ветровая энергетика и энергия биотоплива.

Для определения значимости каждого фактора экспертами заполнялись анкеты экспертного опроса «Коэффициенты значимости факторов комплексной оценки для развития ВИЭ». Результаты обработки анкет представлены в виде матрицы приоритетности в таблице 3.

Таблица 3

Матрица приоритетности с результатами обработки анкет экспертного опроса «Коэффициенты значимости факторов комплексной оценки для развития ВИЭ»

Вид ВИЭ (P) Фактор (Q)	Кол-во солнечных дней и радиация	Скорость ветра	Перепады высот	Радиус действия перерабатывающих заводов	Обеспеченность водоснабжением	Обеспеченность газопроводом	Транспорт	Сети связи	Инвестиционная привлекательность	Расстояние до крупных региональных центров
Солнечная энергетика	1,0	0,5	0,5	0	0	0	0,5	0,5	1,0	0,5
Ветряная энергетика	0	1,0	0,5	0	0,5	0	0,5	1,0	1,0	1,0
Биотопливо	0	0	0	1,0	0,5	0	1,0	1,0	1,0	1,0

В результате перемножения матрицы приоритетности на результаты комплексной оценки территории получается рейтинг. Таким образом, формула для расчета целевой функции имеет вид (1):

$$P^j = \sum Q_i \cdot R_i^j, \quad (1)$$

где Q — значение фактора относительной ценности территории (Ф1–Ф10); R — коэффициент значимости i -го фактора для j -го вида ВИЭ; P — показатель рейтинга территории для j -го вида ВИЭ.

Чем выше показатель P , тем выше приоритетность района субъекта РФ для размещения ВИЭ. Список приоритетных территорий для развития ВИЭ по всем трем видам:

1. Городские округа и города:

- г. Ростов-на-Дону;
- г. Азов;
- г. Зверево;
- г. Новочеркасск;
- г. Таганрог;
- г. Шахты.

2. Муниципальные районы:

- Азовский район;
- Аксайский район;
- Красносулинский район;
- Октябрьский район.

Визуализация функциональной приоритетности территории субъекта РФ для развития солнечной энергетики представлена на рис. 7 в виде электронной карты, которая построена в результате расчета целевой функции.

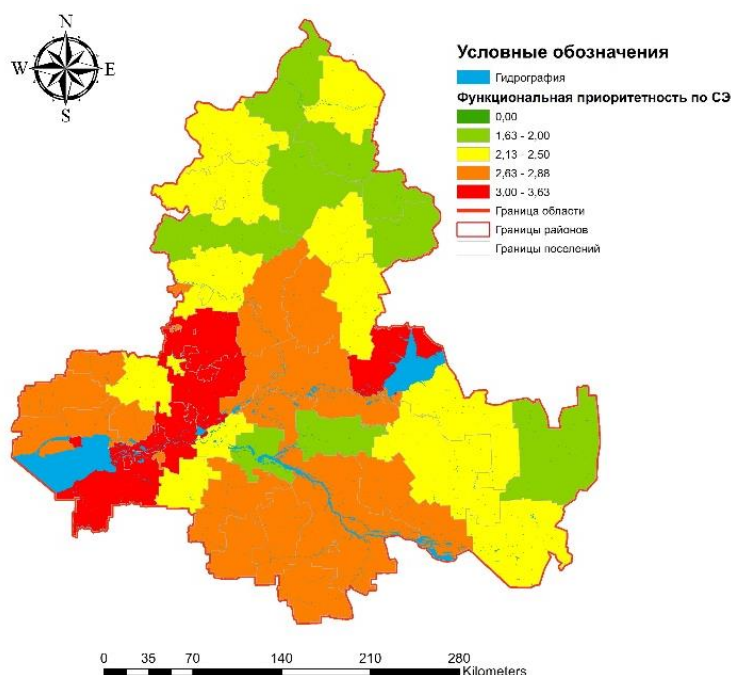


Рис. 7. Распределение рейтинга функциональной приоритетности для размещения ВИЭ на территории Ростовской области (солнечная энергетика)

Территории с недостаточным потенциалом для развития ВИЭ:

- Заветинский район;
- Ремонтненский район;
- Шолоховский район;
- Чертковский район;
- Боковский район и т. д.

Выбор места для размещения ВИЭ возможен в перечисленных районах с учетом мероприятий по снижению нагрузки на природно-техногенную среду.

Обсуждение и заключение. Разработанная имитационная модель позволяет обеспечить устойчивое развитие субъекта РФ за счет:

- интеграции различных характеристик территории в единую систему;
- формирования информации о возможных рисках, угрозах и экологическом ущербе при размещении ВИЭ;
- формирования предварительного списка превентивных мероприятий как обязательных при размещении ВИЭ;
- возможности производить многократную оценку территории при внесении изменений в разработанную модель;
- возможности осуществлять выбор приоритетных территорий для размещения ВИЭ и пр.

Геоинформационные системы позволяют наглядно демонстрировать возможные изменения в региональной системе по таким параметрам, как комфортность и экологический ландшафт территории, путем снижения антропогенной нагрузки, внедрения экологических мероприятий.

Представленная адаптированная методика комплексной оценки территории и имитационная модель — это универсальный инструмент, который может быть использован в любом другом субъекте РФ на региональном уровне [20–22].

Теоретическая значимость исследования заключается в учете социально-экономических, экологических и инфраструктурных характеристик территории при планировании и развитии сети ВИЭ. Практическая часть разработанного инструментария заключается в возможности оптимизации управленческих решений при формировании регионального плана адаптации к изменениям климата, включая митигационные мероприятия, а также для обеспечения труднодоступных удаленных мест альтернативными источниками электроэнергии.

Список литературы / References

1. Бобылев С.Н., Завалеев И.С., Завалева А.И., Ховавко И.Ю. Развитие «зеленой» инфраструктуры в городах. *Научные исследования экономического факультета*. 2022;14(3):48–61. <https://doi.org/10.38050/2078-3809-2022-14-3-48-61>

- Bobylev SN, Zavaleev IS, Zavaleeva AI, Khovavko IYu. Development of “Green” Infrastructure in Cities. *Scientific Research of Faculty of Economics. Electronic Journal*. 2022;14(3):48–61. (In Russ.) <https://doi.org/10.38050/2078-3809-2022-14-3-48-61>
2. Harbiankova A, Scherbina E. Evaluation Model for Sustainable Development of Settlement System. *Sustainability*. 2021;13(21):11778. <https://doi.org/10.3390/su132111778>
3. Земцов С.П., Кидяева В.М., Барина В.А., Ланьшина Т.А. Экологическая эффективность и устойчивое развитие регионов России за двадцатилетие сырьевого роста. *Экономическая политика*. 2020;15(2):18–47.
- Zemtsov SP, Kidyayeva VM, Barinova VA, Lanshina TA. Ecological Efficiency and Sustainable Regional Development in Russia During the 20 Years of Resource-Based Growth. *Economic Policy*. 2020;15(2):18–47. (In Russ.)
4. Константиныди Х.А., Яковлева Е.Ю., Бобылев С.Н., Соловьева С.В. Оценка устойчивости развития и перспектив ESG-трансформации субъектов Российской Федерации. *Экономика устойчивого развития*. 2023;1(53):176–180.
- Konstantinidi HA, Yakovleva EYu, Bobylev SN, Solov'eva SV. Assessment of Development Sustainability and Prospects for ESG-Transformation of the Subjects of the Russian Federation. *Economics of Sustainable Development*. 2023;1(53):176–180. (In Russ.)
5. Медведева Л.С. Социально-экономическое развитие сельских территорий с использованием потенциальных возможностей. *Управленческий учет*. 2023;3:131–137. <https://doi.org/10.25806/uu32023131-137>
- Medvedeva LS. Socio-Economic Development of Rural Territories Using Potential Opportunities. *Management Accounting*. 2023;3:131–137. (In Russ.) <https://doi.org/10.25806/uu32023131-137>
6. Асаул А.Н., Асаул М.А., Левин Ю.А., Платонов А.М. Энергоснабжение изолированных территорий в контексте привлечения инвестиций и развития экономики региона. *Экономика региона*. 2020;16(3):884–895. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-3-16>
- Asaul AN, Asaul MA, Levin YuA, Platonov AM. Energy Supply to Isolated Areas: Attracting Investment and Developing Regional Economy. *Economy of Region*. 2020;16(3):884–895. (In Russ.) <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-3-16>
7. Киевский Л.В. Интеграция знаний в целях градостроительного развития. *Промышленное и гражданское строительство*. 2020;11:4–30.
- Kievskiy LV. Integrating Knowledge for Urban Development. *Industrial and Civil Engineering*. 2020;11:4–30. (In Russ.)
8. Зильберова И.Ю., Бобкина В.А., Аль-Фатла Т.Н.М. Организационно-технологические аспекты выбора мероприятий по снижению энергоемкости зданий. *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2024;2(1074):47–49.
- Zilberova IYu, Bobkina VA, Al-Fatla TNM. Organizational and Technological Aspects of Choosing Measures to Reduce the Energy Intensity of Buildings. *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki (BST: Bulletin of Construction Equipment)*. 2024;2(1074):47–49. (In Russ.)
9. Бабина О.И., Владимиров О.Н. О возможности применения имитационных моделей в стратегическом планировании региона. *Известия высших учебных заведений. Экономика, финансы и управление производством*. 2018;1(35):15–20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-vozmozhnosti-primeneniya-imitatsionnyh-modeley-v-strategicheskom-planirovanii-regiona> (дата обращения 21.08.2024).
- Babina OI, Vladimirova ON. About the Possibility of Application of Simulation Models in Strategic Planning of the Region. *News of Higher Educational Institutions. The Series “Economics, Finance and Production Management”*. 2018; 1 (35): 15–20. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-vozmozhnosti-primeneniya-imitatsionnyh-modeley-v-strategicheskom-planirovanii-regiona> (accessed: 21.08.2024).
10. Курбатова И.Е., Верещака Т.В., Иванова А.А. Спутниковый мониторинг экологического состояния особо охраняемых территорий Северного Каспия на примере биосферного резервата ЮНЕСКО «Кизлярский залив». *Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса*. 2022;19(4):249–264.
- Kurbatova IE, Vereshchaka TV, Ivanova AA. Satellite Monitoring of Ecological Condition of Specially Protected Northern Caspian Areas on the Example of Unesco Kizlyar Bay Biosphere Reserve. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*. 2022;19(4):249–264. (In Russ.)
11. Федоровская АА, Шеина С.Г. Комплексная оценка для оптимального использования энергии ветра в коттеджном строительстве. *Magazine of Civil Engineering*. 2022;114(6):11414. <https://doi.org/10.34910/MCE.114.14>
12. Анисимова Л.В. Устойчивость ландшафтов в условиях динамики развития города. *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2023;2(770):79–92. <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2023-770-2-79-92>
- Anisimova LV. Sustainability of Landscapes in the Conditions of Development Dynamics of City. *News of Higher Educational Institutions. Construction*. 2023; 2(770):79–92. <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2023-770-2-79-92> (In Russ.)
13. Григорьев А.В., Рудаков Е.Н., Фаддеев А.М. Оценка потенциала сокращения перекрёстного субсидирования тарифов на передачу электроэнергии в России. *Научные труды Вольного экономического общества России*. 2023;239(1):307–332.

Grigoriev AV, Rudakov EN, Faddeev AM. Assessment of the Potential for Reducing Cross-subsidization of Electricity Transmission Tariffs in Russia. *Scientific Proceedings of the Free Economic Society of Russia*. 2023; 239(1):307–332. (In Russ.)

14. Шеина С.Г., Федоровская А.А. Исследование влияния возобновляемых источников энергии на экологический потенциал территории субъекта РФ. *Строительство и реконструкция*. 2023;3(107):122–130.

Sheina SG, Fedorovskaya AA. Study for the Impact of Renewable Energy Sources on the Environmental Potential of the Territory of the Russian Federal Subject. *Building and Reconstruction*. 2023;3(107):122–130. (In Russ.)

15. Бакаева Н.В., Черняева И.В. К задачам нормирования комфортности и безопасности среды жизнедеятельности города. *Строительство и реконструкция*. 2020;(1(87)):101–112. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2020-87-1-101-112>

Bakaeva NV, Chernyaeva IV. The Problem of Norming in the Field of Comfort and Safety Environment of the City. *Construction and Reconstruction*. 2020;(1(87)):101–112. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2020-87-1-101-112> (In Russ.)

16. Тебенкова Д.Н., Лукина Н.В., Катаев А.Д., Чумаченко С.И., Киселева В.В., Колычева А.А. и др. Разработка сценариев для имитационного моделирования экосистемных услуг лесов. *Вопросы лесной науки*. 2022;5(2):1–87. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49595587> (дата обращения 21.08.2024).

Tebenkova DN, Lukina NV, Kataev AD, Chumachenko SI, Kiselyova VV, Kolycheva AA, et al. Scenario Development for the Forests Ecosystem Services Imitation Modelling. *Forest Science Issues*. 2022;5(2):1–87. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49595587> (accessed: 21.08.2024).

17. Дерябин С. А., Мисинева Е. В. Построение гибридной имитационной модели экологического состояния горнопромышленного региона на основе мультиагентного подхода. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2022;4:169–181. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_4_0_169

Deryabin SA, Misineva EV. Hybrid Simulation Modeling of Ecological State of a Mining Region Using a Multi-Agent Approach. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2022;4:169–181. (In Russ.) https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_4_0_169

18. Drebezgova MYu, Perkova MV, Ladik EI, Percev VV, Chernyshev YuV. Adaptation of Industrial Territories. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2022;227:175–184. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94770-5_13

19. Матвейко Р.Б., Терюкова Л.И., Ашинов Ю.К., Чиназирев Ю.А. Функциональное использование инвестиционных площадок на основе стратегического планирования социально-экономического развития территорий. *Новые технологии*. 2012;4:94–101.

Matveyko RB, Teryukova LI, Ashinov YuK., Chinazirov Yu.A. Functional Use of Investment Areas Based on Strategic Planning of Socio-Economic Development Of Territories. *New Technologies*. 2012;4:94–101. (In Russ.)

20. Смирнова Ю.В. Принятие управленческих решений: использование метода анализа иерархий Т. Саати. *Ученый совет*. 2019;(6):36–41.

Smirnova YuV. Making Managerial Decisions: Using T. Saaty Method of Analytic Hierarchy Process. *Academic Council*. 2019;(6):36–41. (In Russ.)

21. Balat M. Usage of Energy Sources and Environmental Problems. *Energy Exploration and Exploitation*. 2005; 23(2):141–167. <https://doi.org/10.1260/0144598054530011>

22. Зильберова И.Ю., Шеина С.Г., Вонгай А.О., Зильберов Р.Д. Повышение эффективности ремонтно-строительного производства за счет применения энергосберегающих технологий. Ростов-на-Дону: ДГТУ; 2017. 196 с. URL: <https://ntb.donstu.ru/content/povyshenie-effektivnosti-remontno-stroitel'nogo-proizvodstva-za-schet-primeneniya-energoberegayushchih-tehnologiy> (дата обращения 21.08.2024).

Zil'berova IYu, Sheina SG, Vongai AO, Zil'berov RD. Increasing the Efficiency of Repair and Construction Production through the Use of Energy-Saving Technologies. Rostov-on-Don: DSTU; 2017. 196 p. (In Russ.) URL: <https://ntb.donstu.ru/content/povyshenie-effektivnosti-remontno-stroitel'nogo-proizvodstva-za-schet-primeneniya-energoberegayushchih-tehnologiy> (accessed: 21.08.2024).

Об авторах:

Альбина Ахмедовна Федоровская, кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ScopusID](#), [ORCID](#), bina-87@mail.ru

Ольга Дмитриевна Гладышева, ассистент кафедры городского строительства и хозяйства Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](#), olya160716@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

А.А. Федоровская: научное руководство, формирование основной концепции, цели и задачи исследования, анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов.

О.Д. Гладышева: проведение расчетов, подготовка текста, формирование выводов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Albina A. Fedorovskaya, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Urban Construction and Utilities Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ScopusID](#), [ORCID](#), bina-87@mail.ru

Olga D. Gladysheva, Assistant of the Urban Construction and Utilities Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ORCID](#), olya160716@yandex.ru

Claimed Contributorship:

AA Fedorovskaya: scientific supervision, formulating the main concept, aim and objectives of the research, analysis of the research results, refining the text, correcting the conclusions.

OD Gladysheva: conducting the calculations, preparing the text, formulating the conclusions.

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

Поступила в редакцию / Received 12.07.2024

Поступила после рецензирования / Reviewed 29.07.2024

Принята к публикации / Accepted 10.08.2024