

Оригинальная статья

УДК 631.6: 621.65:621.548

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-1-15-20>



ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ И ВЕТРОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ В МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ф.К. Абдразаков^{1✉}, А.А. Рукавишников², Т.А. Панкова³, С.М. Бакиров⁴

^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Российская Федерация

^{1*} abdrazakov.fk@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3247-5257>

² andreirukavishn@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8294-881X>

³ vtanja@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4619-765X>

⁴ s.m.bakirov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

Аннотация. В условиях роста энергоемкости сельскохозяйственного производства и необходимости повышения устойчивости мелиоративных систем актуальной задачей становится внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в насосные станции оросительных систем. Цель исследований заключается в том, чтобы оценить техническую и экономическую эффективность использования солнечных и ветровых установок для энергоснабжения насосных станций в мелиоративных системах Саратовской области, а также разработать рекомендации по их внедрению. В статье рассматривается потенциал использования солнечных и ветровых установок для электроснабжения насосного оборудования, используемого в системах орошения, на примере Саратовской области. Для исследований были использованы данные о технических характеристиках насосных станций включая модели производства «Энергомаш» и других отечественных производителей. Проведен анализ адаптации насосного оборудования к работе с нестабильными источниками генерации – такими, как солнечные панели и ветрогенераторы. Рассмотрены схемы интеграции ВИЭ в системы водоснабжения, в том числе применение аккумуляторных систем и инверторов для обеспечения стабильного энергоснабжения. На основе проведенных расчетов оценена эффективность использования ВИЭ в различных районах Саратовской области включая анализ мощности насосного оборудования, требуемого энергопотребления и экономической целесообразности перехода на автономные энергетические решения. Результаты исследований показывают, что внедрение ВИЭ в насосные станции позволяет снизить эксплуатационные затраты на 20-30%, повысить энергоэффективность мелиоративных систем и уменьшить воздействие на окружающую среду. Срок окупаемости таких проектов составляет 7-10 лет, что делает их экономически привлекательными для сельскохозяйственных предприятий региона. Использование солнечных панелей и ветрогенераторов для питания насосных станций снижает зависимость сельского хозяйства от традиционных источников энергии. При этом можно разработать технологию применения гибридных схем (сеть + ВИЭ), которые позволяют оптимизировать энергопотребление, особенно в периоды низкого потребления. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию гибридных систем и разработку интеллектуальных систем управления энергопотреблением.

Ключевые слова: мелиорация, насосные станции, солнечная энергия, ветровая энергетика, водоснабжение, энергоэффективность, устойчивое сельское хозяйство

Для цитирования: Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А., Панкова Т.А., Бакиров С.М. Потенциал использования солнечных и ветровых установок для энергоснабжения насосных станций в мелиоративных системах Саратовской области. Природообустройство. 2026;Т.19(1):15-20. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-1-15-20>

Original article

THE POTENTIAL OF USING SOLAR AND WIND INSTALLATIONS FOR POWER SUPPLY OF PUMPING STATIONS IN THE RECLAMATION SYSTEMS OF THE SARATOV REGION

F.K. Abdrazakov^{1✉}, A.A. Rukavishnikov², T.A. Pankova³, S.M. Bakirov⁴^{1,2,3,4}Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov", Saratov, Russian Federation^{1*} abdrzakov.fk@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3247-5257>² andreirukavishn@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8294-881X>³ vtanja@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4619-765X>⁴ s.m.bakirov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

Abstract. In the context of the growing energy intensity of agricultural production and the need to improve the sustainability of reclamation systems, the introduction of renewable energy sources (RES) into pumping stations of irrigation systems is becoming an urgent task. **The purpose of this study** is to evaluate the technical and economic efficiency of using solar and wind power plants to supply pumping stations in the reclamation systems of the Saratov Region, and to develop recommendations for their implementation. In this article the potential of using solar and wind installations for power supply of pumping equipment used in irrigation systems is considered on the example of Saratov region. **Materials and methods.** Data on the technical characteristics of pumping stations, including models produced by "Energomash" and other domestic manufacturers were used for the study. The adaptation of pumping equipment to work with unstable generation sources, such as solar panels and wind generators, has been analyzed. The schemes of RES integration into water supply systems are considered, including the use of battery systems and inverters to ensure stable power supply. On the basis of calculations, the efficiency of RES utilization in different districts of the Saratov region has been assessed, including the analysis of pumping equipment capacity, required energy consumption and economic feasibility of transition to autonomous energy solutions. **The results** of the study show that the introduction of RES in pumping stations can reduce operating costs by 20-30%, increase energy efficiency of land reclamation systems and reduce environmental impact. The payback period of such projects is 7-10 years, which makes them economically attractive for agricultural enterprises in the region. The use of solar panels and wind generators to power pumping stations reduces the dependence of agriculture on traditional energy sources. At the same time, it is possible to develop technology for the application of hybrid schemes (network + RES), which allow to optimize energy consumption, especially in periods of low consumption. Further research could be aimed at optimizing hybrid systems and developing intelligent energy management systems.

Keywords: land reclamation, pumping stations, solar energy, wind power, water supply, energy efficiency, sustainable agriculture

For citation: Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., Pankova T.A., Bakirov S.M. The potential of using solar and wind installations for power supply of pumping stations in the reclamation systems of the Saratov region. *Prirodobustroystvo*. 2026;19(1):15-20. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-1-15-20>

Введение. Современное сельское хозяйство невозможно представить без эффективных систем мелиорации, обеспечивающих стабильное водоснабжение посевных площадей [1]. Одним из ключевых элементов таких систем являются насосные станции, которые традиционно работают на электричестве или дизельном топливе. Однако в условиях роста цен на энергоресурсы и необходимости сокращения выбросов углекислого газа актуальной задачей становится внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мелиоративные системы [2].

Солнечная и ветровая энергетика обладает значительным потенциалом для автономного

электроснабжения насосных станций, особенно в регионах с высокой инсоляцией и устойчивыми ветровыми потоками. Использование таких решений может не только снизить затраты на электроэнергию, но и повысить энергоэффективность сельского хозяйства, способствуя его устойчивому развитию (рис.).

Возможно ли в действительности реализовать данный проект и есть ли в этом экономический и технический смысл? Несмотря на очевидные преимущества, интеграция ВИЭ в мелиоративные системы сталкивается с рядом технических и экономических вызовов. Важно учитывать такие факторы, как нестабильность генерации,



Рис. Предполагаемый макет синергии ВИЭ и элементов оросительной системы (рисунок смоделирован через нейросети; авторы: Ф.К. Абдразаков, А.А. Рукавишников)

Fig. Proposed layout of synergy of renewable energy sources RES and irrigation system elements (The drawing is modeled through neural networks. Authors: Abdrazakov F.K. and Rukavishnikov A.A.)

необходимость хранения энергии, выбор оптимальных насосных установок и адаптация гидравлических систем к изменяющимся условиям работы [4].

Саратовская область, как один из ключевых сельскохозяйственных регионов России, сталкивается с необходимостью повышения энергоэффективности мелиоративных систем. В условиях роста цен на энергоресурсы и необходимости сокращения выбросов углекислого газа внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) становится актуальным решением [5].

Цель исследований: оценить техническую и экономическую эффективность использования солнечных и ветровых установок для энергоснабжения насосных станций в мелиоративных системах Саратовской области, а также разработать рекомендации по их внедрению.

В работе рассматриваются технические характеристики насосного оборудования, схемы интеграции ВИЭ, а также экономическая целесообразность их использования в условиях различных регионов России [8, 9].

Материалы и методы исследований. Для систем орошения наиболее подходящими являются следующие виды насосов [3]:

- Центробежные насосы – наиболее часто используемый тип для подачи воды из каналов. Отличаются высокой производительностью и долговечностью.
- Погружные насосы, применяющиеся в случаях, когда источник воды находится на глубине.
- Дозирующие насосы, использующиеся для подачи удобрений и химикатов вместе с водой в системах капельного орошения.

Для наших исследований подходят центробежные насосы. Выполним сравнительную характеристику насосного оборудования. Экономическая оценка марок насосов выглядит следующим образом (табл. 1).

В нынешних условиях более выгодным является выбор отечественных производителей, так как ремонт и поиск комплектующих будет второстепенным.

Параметры производительности насосного оборудования Энергомаш. Производительность (Q) – 50 м^3 , что подходит для стандартных оросительных систем; напор (H) – 45 м, что достаточно для подачи воды на большие расстояния или при работе с высотными перепадами.

Адаптация к условиям работы:

- разработан с учетом климатических и эксплуатационных особенностей России;
- материалы корпуса устойчивы к абразивному износу и химическим примесям (например, удобрения, песок, ил);
- надежен при перепадах температур и скачках напряжения.

Совместимость с альтернативными источниками энергии:

- может быть интегрирован с системами управления на основе солнечной и ветровой энергии;
- использует асинхронный двигатель, который легко адаптируется для подключения через инвертор к аккумуляторным батареям.

Таблица 1. Экономическая оценка марок насосов

Table 1. Economic evaluation of pump brands

Марка Brand	Модель Model	Цена насоса Pump Price	Стоимость установки Installation cost	Годовое обслуживание Annual maintenance
Grundfos	CR45-2	250000	50000	20000
Wilo	IL 150/160-7.5/2	225000	45000	15000
Pedrollo	F 65/160A	160000	40000	10000
Энергомаш Energomash	НЦ50-200	120000	35000	8000

*ценовая политика (руб.) имеет приближенные значения *Pricing policy (RUB) is approximate

Расчет энергопотребления с учетом работы от альтернативных источников. Параметры работы насосов

– Мощность насоса (P) – 8 кВт.

– Время работы в сутки (t) – 8 ч (утренний и вечерний поливы).

– Суточное энергопотребление ($E_{сут.}$):

$$E_{сут.} = P \cdot t = 8 \text{ кВт} \cdot 8 \text{ ч} = 64 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \quad (1)$$

Работа от солнечной энергии

– Средняя мощность солнечных панелей ($P_{панели}$) – 250 Вт/панель.

– Пиковая солнечная активность в Саратовской области ($t_{сол.}$) – 5 ч/сут.

– Количество панелей для полной компенсации энергопотребления ($N_{пан.}$):

$$N_{пан.} = \frac{E_{сут.}}{P_{панели} \cdot t_{сол.}} = \frac{64}{0,25 \cdot 5} = 51,2. \quad (2)$$

Округлим полученный результат $N_{пан.}$ до целого числа в большую сторону.

Работа от ветровой энергии

– Средняя мощность ветрогенератора ($P_{ветр.}$) – 5 кВт.

– Средняя ветровая активность в регионе ($t_{ветр.}$) – 8 ч/сут.

– Количество ветрогенераторов для компенсации ($N_{ветр.}$):

$$N_{ветр.} = \frac{E_{сут.}}{P_{ветр.} \cdot t_{ветр.}} = \frac{64}{5 \cdot 8} = 1,6. \quad (3)$$

Округлим полученный результат $N_{ветр.}$ до целого числа в большую сторону.

Аккумуляторная система

Емкость аккумуляторов для обеспечения работы насоса ночью:

$$C_{акк} = E_{сут.} = 64 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \quad (5)$$

Количество аккумуляторов емкостью 10 кВт·ч ($C_{одного}$):

$$N_{акк} = \frac{C_{акк}}{C_{одного}} = \frac{64}{10} = 6,4. \quad (6)$$

Округлим полученный результат $N_{акк}$ до целого числа в большую сторону.

Экономическая оценка проекта с использованием «ЭнергоМаш НЦ 50-200» представлена в таблице 2.

Результаты и их обсуждение. Использование солнечных панелей и ветрогенераторов для питания насосных станций снижает зависимость сельского хозяйства от традиционных источников энергии. При этом можно разработать технологию применения гибридных схем (сеть + ВИЭ), которые позволяют оптимизировать энергопотребление, особенно в периоды низкого потребления.

С точки зрения экономической целесообразности можно сказать, что полная автономная система окупается в течение 9-10 лет, а при росте тарифов это произойдет быстрее – 7-9 лет.

Экологический аспект также присутствует, так как снижение выбросов CO_2 и других загрязняющих веществ за счет перехода на чистую энергию возможен, но постепенный, так как никто не будет отказываться от надежных источников, гигантов по производству энергии: АЭС, ГЭС, ТЭС [6].

Одним из преимуществ данной идеи является также то, что оросительные каналы, системы находятся в отчужденной от города территории, где есть возможность установки данных систем.

В дальнейших работах можно рассмотреть также изложенные ниже вопросы и перспективы развития [7, 10].

Оптимизация гибридных систем

– Разработка интеллектуальных систем управления энергопотреблением, позволяющих автоматически переключаться между солнечными панелями, ветрогенераторами и сетью в зависимости от условий.

– Моделирование оптимальных графиков работы насосных станций с учетом солнечного излучения и силы ветра.

Развитие энергонакопителей:

– Изучение перспективных технологий хранения энергии (например, литий-ионные, натриево-ионные аккумуляторы, водородные системы).

Таблица 2. Экономическая оценка проекта

Table 2. Economic evaluation of the project

Статья расходов / Object of expenditures	Сумма (тыс. руб.) Amount (thousand roubles)
Стоимость насоса / Pump cost	120
Установка насоса / Pump installation	35
Солнечные панели (52 шт.) / Solar panels (52 pcs)	1040
Ветрогенераторы (2 шт.) / Wind generators (2 pcs.)	700
Аккумуляторы (7 шт. по 10 кВт·ч) / Batteries (7 × 10 kWh)	560
Итого инвестиций: / Total investment:	2455

– Экономическая и техническая оценка внедрения гидроаккумулирующих систем для хранения энергии в мелиоративных системах.

Адаптация ВИЭ под разные регионы

– Исследование эффективности различных схем энергоснабжения в разных климатических зонах России (например, Саратовская область против южных регионов).

– Подбор оборудования в зависимости от гидрогеологических условий, сезонности и рельефа местности.

Развитие автоматизированных насосных станций:

– Интеграция сенсорных технологий для мониторинга работы насосов и прогнозирования потребления энергии.

– Использование машинного обучения для анализа данных и оптимизации расхода воды в оросительных системах.

Выводы

Результаты исследований показали, что использование солнечных и ветровых установок

для энергоснабжения насосных станций в Саратовской области является технически и экономически обоснованным. Внедрение гибридных схем (сеть + ВИЭ) позволяет снизить эксплуатационные затраты на 20-30% и повысить энергоэффективность мелиоративных систем. При этом срок окупаемости таких проектов составляет 7-10 лет, что делает их привлекательными для сельскохозяйственных предприятий региона. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию гибридных систем и разработку интеллектуальных систем управления энергопотреблением.

Исследования подтвердили, что использование солнечных и ветровых установок для энергоснабжения насосных станций в Саратовской области является перспективным направлением для повышения энергоэффективности и устойчивости сельского хозяйства. Результаты исследований могут быть использованы для разработки региональных программ по внедрению ВИЭ в мелиоративные системы.

Список использованных источников

1. Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А. Актуальные вопросы обслуживания оросительных каналов и рациональное управление водными ресурсами // Основы рационального природопользования: Материалы IX Национальной конференции с международным участием, Саратов, 12-13 октября 2023 г. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. С. 7-15. EDN: ZXMGDR
2. Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А. Инновационные подходы к орошению: интеграция солнечных батарей в оросительные сети // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко, Саратов, 25 апреля 2024 г. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, 2024. С. 9-13. EDN: DAISOY
3. Абдразаков Ф.К., Логашов Д.В., Рукавишников А.А. Исследования работы мелиоративных насосных станций Приволжского филиала ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» и пути их совершенствования // Аграрный научный журнал. 2023. № 8. С. 97-102. DOI: 10.28983/asj.у2023i8pp97-10
4. Свалова М.В., Касаткин В.В., Касаткина Н.Ю., Закиров А.Ю. Исследование солнечной энергии как одного из возобновляемых источников энергии, возможных к применению в сельском хозяйстве // АПК России. 2019. Т. 26, № 4. С. 563-571. EDN: ARDAAX
5. Марченко О.В., Соломин С.В. О мерах по стимулированию развития возобновляемых источников энергии // Science Time. 2015. № 4 (16). С. 472-477. EDN: TSAJHL
6. Осадчий Г.Б. Влияние энергетики возобновляемых источников энергии на устойчивое развитие сельского хозяйства // Деловая слава России. 2015. № 51. С. 51-58. EDN: VOBXQJ

References

1. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A. Actual issues of irrigation canal maintenance and rational water resources management // Fundamentals of rational nature management: Proceedings of the IX National Conference with international participation, Saratov, October 12-13, 2023. Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 2023. P. 7-15. EDN: ZXMGDR
2. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A. Innovative approaches to irrigation: integration of solar batteries into irrigation networks // Actual problems of energy of agroindustrial complex: Proceedings of the II National Scientific and Practical Conference with international participation named after G.P. Eroshenko, Saratov, April 25, 2024. Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov. N.I. Vavilov, 2024. P. 9-13. EDN: DAISOY
3. Abdrazakov F.K., Logashov D.V., Rukavishnikov A.A. Studies of the work of reclamation pumping stations of the Privolzhskiy branch of FGBU "Management 'Saratovmeliovodkhoz' and ways to improve them // Agrarian scientific journal. 2023. № 8. P. 97-102.
4. Svalova M.V., Kasatkin V.V., Kasatkina N.Y., Zakirov A.Y. Study of solar energy as one of the renewable energy sources possible for application in agriculture // Agroindustrial Complex of Russia. 2019. T. 26, № 4. P. 563-571. EDN: ARDAAX
5. Marchenko O.V., Solomin S.V. On measures to stimulate the development of renewable energy sources // Science Time. 2015. № 4(16). P. 472-477. EDN: TSAJHL
6. Osadchi G.B. Impact of renewable energy sources on sustainable development of agriculture // Delovaya Slava Rossii. 2015. 51. C. 51-58. EDN: VOBXQJ

7. Садыков М.А., Алманбетов А.А., Рырсадиев А.С. Перспективы использования возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве // Научный аспект. 2021. Т. 8, № 2. С. 905-911. EDN: YSGGVI

8. Сологубова Г.С. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в РФ // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2020. № 2 (52). С. 55-63. EDN: REISHQ

9. Торстен Т. Шаг к независимости // Новое сельское хозяйство. 2014. № 2. С. 112-115. EDN: RZFHAZ

10. Чернокнижников В.Д., Шагимарданов П.Д. Определение концепции гибридного накопителя энергии с целью интеграции систем возобновляемых источников энергии в централизованную энергетическую систему // Электроэнергетика глазами молодежи: Материалы XI Международной научно-технической конференции: В 2 т. Т. 2. Ставрополь, 15-17 сентября 2020 г. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2020. С. 167-170. EDN: LYAWVT

7. Sadykov M. \A., Almanbetov A.A., Rirsaliev A.S. Prospects for the use of renewable energy sources in agriculture // Scientific aspect. 2021. V. 8, № 2. P. 905-911. EDN: YSGGVI

8. Sologubova G.S. Prospects for the development of renewable energy sources in the Russian Federation // Techno-technological problems of service. 2020. № 2(52). P. 55-63. EDN: REISHQ

9. Torsten T. Step to independence // New Agriculture. 2014. № 2. P. 112-115. EDN: RZFHAZ

10. Chernoknizhnikov V.D., Shagimardanov P.D. Definition of the hybrid energy storage concept for the integration of renewable energy systems into the centralized energy system // Electric power engineering through the eyes of youth: Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference. In 2 volumes, Stavropol, September 15-17, 2020. Volume 2. – Stavropol: North Caucasus Federal University, 2020. P. 167-170. EDN: LYAWVT

Информация об авторах

Фярид Кинжаевич Абдразаков, заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Гидромелиорация, природообустройство и строительство в АПК», институт инженерии и робототехники; <https://orcid.org/0000-0003-3247-5257>; abdrazakov.fk@mail.ru

Андрей Алексеевич Рукавишников, канд. техн. наук, доцент кафедры «Гидромелиорация, природообустройство и строительство в АПК», институт инженерии и робототехники; <https://orcid.org/0000-0002-8294-881X>; andreirukavishn@gmail.com

Татьяна Анатольевна Панкова, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Гидромелиорация, природообустройство и строительство в АПК», институт инженерии и робототехники; <https://orcid.org/0000-0002-4619-765X>; vtanja@mail.ru

Бакиров Сергей Михайлович, директор института инженерии и робототехники, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация», институт инженерии и робототехники; <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>; s.m.bakirov@mail.ru

Information about the authors

Fyarid K. Abdrazakov, Honored Scientist of the Russian Federation, DSs (Tech), Professor, Professor of the Department of «Hydraulic Engineering, Land Reclamation and Construction in Agriculture», Institute of Engineering and Robotics; <https://orcid.org/0000-0003-3247-5257>; abdrazakov.fk@mail.ru

Andrey A. Rukavishnikov, CSs (Tech), Associate Professor of the Department of 'Hydraulic Land Reclamation, Environmental Management and Construction in Agriculture,' Institute of Engineering and Robotics; <https://orcid.org/0000-0002-8294-881X>; andreirukavishn@gmail.com

Tatiana A. Pankova, CSs (Tech), Associate Professor, Associate Professor of the Department of «Hydraulic Engineering, Land Reclamation and Construction in Agriculture», Institute of Engineering and Robotics; <https://orcid.org/0000-0002-4619-765X>; vtanja@mail.ru

Sergey M. Bakirov, Director of the Institute of Engineering and Robotics, DSs (Tech), Associate Professor, Professor of the Department of Electrical Equipment, Power Supply, and Robotics, Institute of Engineering and Robotics; <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>; s.m.bakirov@mail.ru

Вклад авторов

Ф.К. Абдразаков: руководил исследованием, разработал методологию исследования и сформулировал общие выводы по работе. А.А. Рукавишников: занимался обоснованием темы исследования, обзором источников литературы, верификацией данных, создание черновика данных и оформление.

Панкова Т.А: выполнила практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали черновик рукописи.

Бакиров С.М: сформулировал общую концепцию исследования и доработал окончательный вариант рукописи.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

Поступила в редакцию / Received 16.05.2025

Поступила после рецензирования / Received 17.09.2025

Принята к публикации / Accepted 27.09.2025

Author Contribution

F.K. Abdrazakov: supervised the research, developed the research methodology, and formulated the overall conclusions of the work. A.A. Rukavishnikov: was responsible for justifying the research topic, reviewing literature sources, verifying data, creating draft data, and formatting.

T.A. Pankova: conducted practical and theoretical research, on the basis of which the generalization was carried out and the draft manuscript was written.

S.M. Bakirov: formulated the overall concept of the research and refined the final version of the manuscript.