Оригинальная статья

Original Paper

УДК 622.271:662.74 © Е.В. Худякова✉[1], Н.Г. Бочкарева[2], В.В. Кукарцев[1,3,4], В.А. Щебетеев[5], Н.В. Гаркуша[5], А.А. Ступина[3,6,7], 2025

[1] ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», 127550, г. Москва, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», 115054, г. Москва, Россия
[3] ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», 660041, г. Красноярск, Россия
[4] ГАОУ ВО Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 105005, г. Москва, Россия
[5] ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», 350044, г. Краснодар, Россия
[6] Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 662972, г. Железногорск, Россия
[7] Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, Россия
✉ e-mail: evhudyakova@rgau-msha.ru

UDC 622.271:662.74 © E.V. Khudyakova✉[1], N.G. Bochkareva[2], V.V. Kukartsev[1,3,4], V.A. Shchebeteev[5], N.V. Garkusha[5], A.A. Stupina[3,6,7], 2025

[1] Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, 127550, Russian Federation
[2] Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, 115054, Russian Federation
[3] Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
[4] Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation
[5] I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, 350044, Russian Federation
[6] Siberian Fire and Rescue Academy of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Zheleznogorsk, 662972, Russian Federation
[7] Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
✉ e-mail: evhudyakova@rgau-msha.ru

Стратегические направления диверсификации деятельности угледобывающих предприятий в условиях меняющейся конъюнктуры рынка угля

Strategic directions of diversification of activities of coal mining enterprises in the conditions of changing conditions of the coal market

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-6-53-57

В статье рассматриваются проблемы снижения технико-экономических показателей угледобывающих предприятий в условиях меняющегося энергетического рынка и ужесточения экологических требований. Целью исследования являются анализ существующих проблем и разработка предложений по диверсификации деятельности низкорентабельных угледобывающих предприятий путем внедрения комплексных интегрированных производств по добыче и глубокой переработке угля. Методология включает анализ литературных источников, передового опыта в России и за рубежом, а также технико-экономических показателей угледобывающих предприятий и оборудования для переработки угля. Результаты исследования показывают необходимость перехода от узкой специализации добычи энергетического угля к более широкому спектру продукции с высокой добавленной стоимостью, такой как синтез-газ, жидкие топлива, угольные брикеты и гуматы.

Ключевые слова: *угольная промышленность, диверсификация, глубокая переработка угля, газификация угля, подземная газификация, энергетический уголь, горно-энергохимический комплекс, угледобывающие предприятия.*

Для цитирования: Стратегические направления диверсификации деятельности угледобывающих предприятий в условиях меняющейся конъюнктуры рынка угля / Е.В. Худякова, Н.Г. Бочкарева, В.В. Кукарцев и др. // Уголь. 2025;(6):53-57. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-6-53-57.

ХУДЯКОВА Е.В.
Доктор экон. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
127550, г. Москва, Россия,
e-mail: evhudyakova@rgau-msha.ru

БОЧКАРЕВА Н.Г.
Канд. экон. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»,
115054, г. Москва, Россия,
e-mail: Bochkareva.NG@rea.ru

КУКАРЦЕВ В.В.
Канд. техн. наук, доцент,
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
660041, г. Красноярск, Россия,
ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,
105005, г. Москва, Россия,
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»,
127550, г. Москва, Россия,
e-mail: vlad_saa_2000@mail.ru

ЩЕБЕТЕЕВ В.А.
Ассистент,
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,
350044, г. Краснодар, Россия,
e-mail: shchebeteev.v@edu.kubsau.ru

ГАРКУША Н.В.
Студент,
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,
350044, г. Краснодар, Россия,
e-mail: 12watermelon120418@gmail.com

СТУПИНА А.А.
Доктор техн. наук, профессор,
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
660041, г. Красноярск, Россия,
Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
662972, г. Железногорск, Россия,
Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнева,
660037, г. Красноярск, Россия,
e-mail: h677hm@gmail.com

Abstract
The article deals with the problems of reducing technical and economic performance of coal mining enterprises in the changing energy market and tightening environmental requirements. The aim of the study is to analyse the existing problems and develop proposals to diversify the activities of low-profit coal mining enterprises by introducing complex integrated production facilities for coal mining and deep processing. The methodology includes the analysis of literature sources, best practices in Russia and abroad, as well as technical and economic indicators of coal mining enterprises and coal processing equipment. The results of the study show the necessity of transition from narrow specialisation on the extraction of thermal coal to a wider range of products with high added value, such as synthesis gas, liquid fuels, coal briquettes and humates.

Keywords
Coal industry, diversification, deep coal processing, coal gasification, underground gasification, thermal coal, mining and energy-chemical complex, coal mining enterprises.

For citation
Khudyakova E.V., Bochkareva N.G., Kukartsev V.V., Shchebeteev V.A., Garkusha N.V., Stupina A.A. Strategic directions of diversification of activities of coal mining enterprises in the conditions of changing conditions of the coal market. *Ugol'*. 2025;(6):53-57. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-6-53-57.

ВВЕДЕНИЕ

Угольная промышленность, на протяжении десятилетий являвшаяся краеугольным камнем мировой энергетики и промышленности, в настоящее время переживает период серьезных трансформаций. Уголь продолжает играть существенную роль в мировой экономике [1, 2, 3]. Однако, на фоне растущего осознания негативного воздействия сжигания угля на окружающую среду и ужесточения экологических норм угольная отрасль сталкивается с рядом серьезных вызовов, требующих инновационных подходов и стратегических решений для обеспечения ее устойчивости и конкурентоспособности в долгосрочной перспективе [4, 5]. Одним из наиболее острых вызовов является снижение технико-экономических показателей значительного числа угледобывающих предприятий. Решением является диверсификация деятельности: расширение ассортимента выпускаемой продукции и выход на новые рынки сбыта [6, 7]. Для преодоления этих вызовов и обеспечения устойчивого развития угольной промышленности созданы роботизированные комплексы и новые методы обогащения угля, позволяющие повысить его качество и снизить содержание вредных примесей. Оптимизация логистики и улучшение управления производственными процессами также играют важную роль в снижении затрат и повышении эффективности [8]. Глубокая переработка угля позволяет получать продукты с высокой добавленной стоимостью, такие как синтез-газ, жидкие топлива, химические реагенты и строительные материалы. Эти продукты являются конкретным решением для повышения эффективности угледобывающих предприятий и обеспечения устойчивого развития угледобывающей отрасли [9, 10, 11].

Целью данной работы являются анализ существующих проблем в деятельности низкорентабельных угледобывающих предприятий и разработка предложений по диверсификации их деятельности путем внедрения комплексных интегрированных производств по добыче и глубокой переработке угля, основанных на лучших мировых практиках, обеспечивающих выпуск продукции с высокой добавленной стоимостью.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Статья носит аналитический характер и посвящена изучению проблем снижения технико-экономических показателей угледобывающих предприятий и разработке предложений по диверсификации их деятельности. Был проведен анализ литературных источников и передового опыта, как

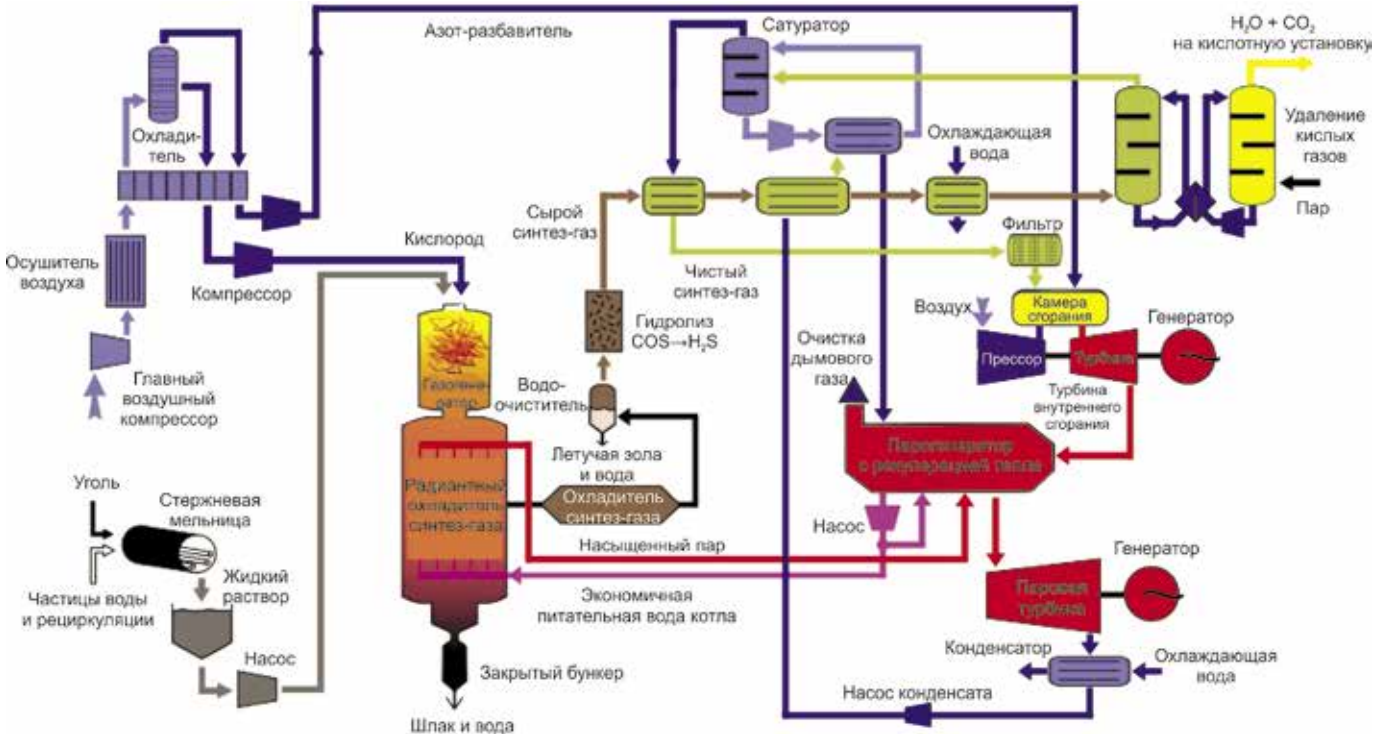
в России, так и за рубежом, в области добычи и переработки угля. Это позволило выявить основные факторы, влияющие на эффективность угледобывающих предприятий, и определить наиболее перспективные направления диверсификации. В частности, были проанализированы ведущие мировые практики, основанные на внедрении комплексных ресурсосберегающих технологий по добыче и глубокой переработке угля (Clean Coal Technologies, CCT). Далее был выполнен анализ технико-экономических показателей угледобывающих предприятий, что включает в себя сбор и обработку статистических данных, а также проведение экспертных оценок для угледобывающих регионов. Кроме того, в работе был проведен анализ оборудования для угледобывающих предприятий.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты проведенного анализа позволили сформулировать ряд ключевых закономерностей и предложений, направленных на повышение эффективности деятельности низкорентабельных угледобывающих предприятий посредством диверсификации производства. Для устойчивого развития угледобывающих регионов и повышения конкурентоспособности предприятий необходимо переходить от узкой специализации на добыче и реализации энергетического угля к более широкому спектру продукции с высокой добавленной стоимостью. Согласно данным Росстата за 2022 г., доля убыточных угледобывающих предприятий в России составила около 18%, что подчеркивает актуальность рассматриваемой проблемы.

В Кузбассе, например, из 35 крупных угледобывающих предприятий семь показали отрицательный финансовый результат по итогам 2022 г. Проведенный анализ показывает, что простое повышение эффективности добычи и традиционной переработки угля хотя и является важным, не всегда может решить проблему низкой рентабельности, особенно в условиях истощения запасов и изменения структуры потребления энергии. Так, по данным Минэнерго, за период с 2010 по 2020 г. потребление энергетического угля в европейской части России сократилось на 15% из-за переориентации на газ и возобновляемые источники энергии. В то же время спрос на высококачественный коксующийся уголь, используемый в металлургии, остается стабильным. По оценкам экспертов, внедрение технологии газификации угля может увеличить стоимость конечной продукции в 2-3 раза по сравнению с традиционным энергетическим углем. Например, если 1 т энергетического угля стоит на рынке в среднем 7000 руб. (данные на 2023 г.), то 1 т метанола, полученного из этого угля, может стоить до 20000 руб. Расчеты показывают, что инвестиции в строительство подобного комплекса окупаются в течение 5-7 лет при условии стабильного спроса на продукцию.

Другим перспективным направлением является строительство установок подземной газификации угля (УПГУ) на участках глубокозалегающих запасов. Этот метод позволяет извлекать ценные компоненты из угольных пластов, недоступных для традиционной добычи. УПГУ особенно актуальна для месторождений со сложными горно-геологическими условиями или для пластов, расположенных на больших глубинах. По данным исследований, себестоимость газа, полученного методом УПГУ, может быть на 20-30% ниже, чем себестоимость добычи природного газа на новых месторождениях в удаленных регионах. Анализ



Блок-схема электростанции, использующей ПГУ с газификацией угля

A block diagram of a power plant that uses the Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC)

данных по различным регионам России показывает, что потенциал УПГУ может составить до 100 млрд куб. м газа в год. В качестве примера можно привести проект УПГУ в Австралии, где компания Linc Energy успешно производила газ из угольного пласта на глубине 400 м.

Кроме того, проведенный анализ показал возможность расширения использования угля в качестве сырья для локальной тепловой энергетики путем применения мобильных газогенераторных установок модульно-блочного типа малой мощности (*см. рисунок*). Эти установки могут заменять устаревшие мазутные котельные, что особенно актуально для удаленных населенных пунктов, не имеющих доступа к газовой инфраструктуре. Переход на угольные газогенераторы может снизить затраты на отопление на 15-20% по сравнению с использованием мазута, а также решить проблему утилизации твердых бытовых отходов (ТБО), поскольку ТБО могут сжигаться в этих же установках.

По данным за 2021 г., около 40% населенных пунктов в Сибири и на Дальнем Востоке используют мазутные котельные для отопления, что создает значительный потенциал для внедрения угольных газогенераторов. Например, в поселке Диксон Красноярского края переход на угольную газогенерацию позволит сократить расходы на топливо на 30% и снизить выбросы вредных веществ в атмосферу.

Дополнительно предлагается создание технологических линий по производству угольных брикетов для бытовых потребителей и гуматов (для бурых углей) для производства экологически чистых удобрений и медицинских препаратов. Производство угольных брикетов может удовлетворить потребность местного населения в недорогом топливе, особенно в районах, где традиционные виды топлива труднодоступны. Например, в Якутии и Магаданской области стоимость дров в зимний период может достигать 5000 руб. за 1 куб. м, что делает угольные брикеты более конкурентоспособной альтернативой.

Развитие производства гуматов из бурого угля также имеет значительный потенциал, особенно в сельскохозяйственных регионах. По данным исследований, применение гуматов позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 10-15%, а также улучшить качество почвы и снизить потребность в минеральных удобрениях. В 2022 г. объем рынка гуминовых удобрений в России составил около 5 млрд руб., и ожидается его дальнейший рост. Примером может служить предприятие «Бургумин» в Амурской области, которое успешно производит гуминовые удобрения из бурого угля и поставляет их фермерам региона. По данным предприятия, применение этих удобрений позволяет повысить урожайность сои на 12-15%.

ОБСУЖДЕНИЕ

Ключевым результатом проведенного анализа является обоснование необходимости перехода от моноориентированной добычи энергетического угля к многопрофильному использованию угольного сырья с созданием продукции с высокой добавленной стоимостью. В частности, авторами предложено развивать горно-энергохимические комплексы, интегрированные с технологиями газификации угля. Согласно оценкам, стоимость произведенной продукции на таких комплексах может превышать стоимость исходного угля в 2-3 раза. Например, если стоимость 1 т энергетического угля на рынке составляет 7500 руб., то стоимость продуктов его газификации, таких как метанол или синтетическое дизельное топливо, может достигать 18000-22000 руб.

В качестве еще одного перспективного направления выделено строительство установок подземной газификации угля (УПГУ) для разработки глубокозалегающих угольных пластов. Этот метод позволяет извлекать энергию и химические вещества из угольных запасов, которые нерентабельны для традиционной добычи [11, 12, 13, 14]. Проведенные исследования показали, что себестоимость газа, полученного с использованием УПГУ, может быть на 15-25% ниже, чем себестоимость природного газа, добываемого традиционными методами в новых месторождениях. Перевод котельных на угольные газогенераторы позволяет снизить затраты на топливо на 20-30% и значительно сократить выбросы вредных веществ в атмосферу. Например, в населенных пунктах Крайнего Севера, где стоимость мазута достигает 25000 руб. за 1 т, использование угольных газогенераторов может сэкономить до 5000 руб. на 1 т топлива.

Кроме того, предлагается развивать производство угольных брикетов для бытовых нужд и гуминовых удобрений из бурого угля. Производство брикетов позволит обеспечить местное население доступным и недорогим топливом, а гуминовые удобрения могут быть использованы для повышения плодородия почв и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Согласно оценкам, производство угольных брикетов может приносить прибыль около 1500 руб. с одной тонны угля, а применение гуминовых удобрений позволяет увеличить урожайность зерновых культур на 10-15%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило выявить ключевые проблемы, сдерживающие развитие низкорентабельных угледобывающих предприятий, и предложить комплексные решения для повышения их эффективности и устойчивости. Обобщая результаты, можно с уверенностью сказать, что традиционная модель, ориентированная исключительно на добычу и реализацию энергетического угля, в современных экономических и экологических условиях теряет свою актуальность. Необходим переход к диверсификации производства, созданию многопрофильных горно-энергохимических комплексов, интегрированных с технологиями глубокой переработки угля. Проведенные исследования указывают на несколько перспективных направлений диверсификации. Это развитие технологий газификации угля для производства синтез-газа, жидких топлив, химических реагентов и других продуктов с высокой добавленной стоимостью. Создание таких комплексов позволяет существенно увеличить стоимость конечной продукции по сравнению с исходным углем, повысить рентабельность предприятий и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Другим перспективным направлением является внедрение установок подземной газификации угля для разработки глубокозалегающих пла-

стов, недоступных для традиционной добычи. Этот метод позволяет извлекать ценные компоненты из угольных пластов, которые ранее считались нерентабельными.

Список литературы • References

1. Antonov A.A., Studenikin D.E., Malakhov S.O., Kondratyev S.I., Khekert E.V. Algorithm for constructing a route to pass a narrow fairway. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;2061(1):012116. DOI: 10.1088/1742-6596/2061/1/012116.
2. Kukartsev V., Saidov N., Stupin A., Shagaeva O., Antamoshkina O., Korpacheva L. Prototype Technology Decision Support System for the EBW Process. *Lecture Notes in Networks and Systems.* 2023;(596 LNNS):456-466. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21435-6_39.
3. Rogova D., Kurashkin S., Tynchenko V., Seregin Y., Privalov A., Kukartsev V. Comprehensive review of state-of-the-art intelligent methods for videosequences analysis. *AIP Conference Proceedings*. 2023;(2700):040046. https://doi.org/10.1063/5.0124865.
4. Rikker Y.O., Kobylkin M.V., Batukhtin A.G. Improving the efficiency of flue gas desulphurization of TPS. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019;552(1):012024.
5. Pryalukhin A.F., Malozyomov B.V., Martyushev N.V., Daus Y.V., Konyukhov V.Yu., Oparina T.A., Dubrovin R.G. Simulation Modeling of Energy Efficiency of Electric Dump Truck Use Depending on the Operating Cycle. *World Electr. Veh. J.* 2025;(16):217. DOI: 10.3390/wevj16040217.
6. Moiseeva K., Kuimova O., Orlov V., Kukartsev V., Lesnyak T. The Impact of Coal Generation on the Ecology of City Areas 2023. 22nd International Symposium INFOTEH-JAHORINA, INFOTEH 2023. 2023:25. https://doi.org/10.1109/INFOTEH57020.2023.10094117.
7. Batukhtin A. Obtaining a solution of a differential equations system for determining the heat networks retention. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology.* 2018;9(7):1300-1320.
8. Kolenchukov O.A., Mikhaulov A.Y., Bashmur K.A., Tynchenko V.S., Sergienko R.B., Kukartsev V.V., Tynchenko V.V. Forecasting the technical condition of thermochemical reactor systems. *SOCAR Proceedings*. 2023;2023(1):123-130. https://doi.org/10.5510/OGP20230100814.
9. Yelemessov K.K., Isametova M.E., Saidinbayeva N.D., Kukartsev V.V. Mathematical and computer modeling of gantry crane load-beam system oscillation. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2023;15(2):450-461. https://doi.org/10.21177/1998-4502-2023-15-2-450-461.
10. Myrzakulov M.K., Dzhumankulova S.K., Yelemessov K.K., Barmenshinova M.B., Martyushev N.V., Skeeba V.Y., Kondratiev V.V., Karlina A.I. Analysis of the Effect of Fluxing Additives in the Production of Titanium Slags in Laboratory Conditions. *Metals.* 2024;(14):1320. DOI: 10.3390/met14121320.
11. Adigamov R.R., Baraboshkin K.A., Mishnev P.A., Karlina A.I. Development of rolling procedures for pipes of K55 strength class at the laboratorial mill. *CIS Iron and Steel Review*. 2022;(24):60-66. DOI: 10.17580/cisisr.2022.02.09.
12. Tynchenko Ya.A., Kukartsev V.V., Gladkov A.A., Panfilova T.A. Assessment of technical water quality in mining based on machine learning methods. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2024;16(1):56-69. https://doi.org/10.21177/1998-4502-2024-16-1-56-69.
13. Batukhtin A.G., Makhov E.A., Bass M.S., Batukhtin S.G. Enhancing aerodynamic efficiency in solid fuel plasma preparation for power plants. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*. 2023;15(57):351-361.
14. Kukartsev V.A., Trunova A.I., Kukartsev V.V., Tynchenko V.S., Kurashkin S.O., Tynchenko Ya.A., Vivián I.F., Bashmur K.A. Increasing the Efficiency of Synthetic Iron Production by the Use of New Kit Lining. *Metals*. 2023;13(7):1184. https://doi.org/10.3390/met13071184.

Authors Information

Khudyakova E.V. – Doctor of Economic Sciences, Professor, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, 127550, Russian Federation, e-mail: evhudyakova@rgau-msha.ru

Bochkareva N.G. – PhD (Economic), Associate Professor, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, 115054, Russian Federation, e-mail: Bochkareva.NG@rea.ru

Kukartsev V.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, 127550, Russian Federation, e-mail: vlad_saa_2000@mail.ru

Shchebeteev V.A. – Assistant, I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, 350044, Russian Federation, e-mail: shchebeteev.v@edu.kubsau.ru

Garkusha N.V. – Student, I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, 350044, Russian Federation, e-mail: 12watermelon120418@gmail.com

Stupina A.A. – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation, Siberian Fire and Rescue Academy of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Zheleznogorsk, 662972, Russian Federation, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation, e-mail: h677hm@gmail.com

Информация о статье

Поступила в редакцию: 15.04.2025
Поступила после рецензирования: 16.05.2025
Принята к публикации: 26.05.2025

Paper info

Received April 15, 2025
Reviewed May 16, 2025
Accepted May 26, 2025