

Анализ параметров севооборота, почвы корнеплодов и обоснование необходимости ее очистки

Бададян Лусине Вагановна✉

Донской государственный технический университет (ДГТУ), 344065, город Ростов-на-Дону, страна Россия,
преподаватель кафедры менеджмента и бизнес-технологий ✉E-mail: l-b-v@bk.ru, ORCID iD: 0009-0008-0865-9199,
Scopus ID: 57213838315

Аннотация. Вопрос эффективного удаления почвы с корнеплодов остается важнейшей задачей послеуборочной обработки. Традиционные водные методы потребляют большое количество воды, при этом расход на единицу массы увеличивается на 215-425%. С другой стороны, методы сухой очистки зачастую не соответствуют требуемым стандартам качества. **Цель исследования.** Основное внимание уделено преимуществам, которые кооперация приносит мелким и средним производителям, включая снижение затрат, улучшение доступа к ресурсам, обмен знаниями и интеграцию в цифровые платформы для продажи продукции на международных рынках. **Материалы и методы:** В данном исследовании рассматривается процесс сухой очистки с использованием цифровых механизмов. Технологии работают на разных скоростях вращения (230/260 об/мин). **Научная новизна:** для оптимизации параметров конструкции проведен теоретический анализ сил, действующих на корнеплоды в процессе очистки. **Результаты:** в ходе исследования определены зависимости углового перемещения и скорости, а также отношение коэффициента трения к углу контакта (оптимально 42°). Эффективность очистки 76% была достигнута с использованием 14 машин (длина 2,7 м, время работы 36,6 с). **Обсуждение и заключение.** Система исключает использование воды, при этом соблюдая зоотехнические стандарты (<2,7% остатка). Результаты подтверждают разработку нового послеуборочного оборудования и предлагают практический подход к образованию в области агротехники.

Ключевые слова: корнеплоды, очистка, цифровые технологии, машины, конструктивные параметры, коэффициент трения.

Благодарности. Автор статьи благодарят рецензентов за экспертную оценку.

Для цитирования: Бададян Л. В. Анализ параметров севооборота, почвы корнеплодов и обоснование

Analysis of crop rotation design parameters, root crop soil and rationale for cleaning.

Badadyan Lusine Vaganovna✉

Don State Technical University (DSTU), 344065, city of Rostov-on-Don, country Russia, lecturer of the department of management and business technology

✉E-mail: l-b-v@bk.ru , ORCID iD: 0009-0008-0865-9199, Scopus ID: 57213838315

Abstract. The issue of efficient soil removal from root crops remains the most important task in post-harvest processing. Traditional water methods consume a large amount of water, while the consumption per unit mass increases by 215-425%. On the other hand, dry cleaning methods often do not meet the required quality standards. **The purpose** of the study. The main focus is on the benefits that cooperation brings to small and medium-sized producers, including cost reduction, improved access to resources, knowledge sharing, and integration into digital platforms for selling products on international markets. **Materials and methods:** This study focuses on the dry cleaning process using digital mechanisms. The technologies operate at different rotation speeds (230/260 rpm). **Scientific novelty:** to optimize the design parameters, a theoretical analysis of the forces acting on root crops during the cleaning process was carried out. **Results:** the study determined the dependencies of angular displacement and speed, as well as the ratio of the friction coefficient to the contact angle (optimally 42°). A cleaning efficiency of 76% was achieved using 14 machines (length 2.7 m, operating time 36.6 s). **Discussion and conclusion.** The system eliminates the use of water while complying with zootechnical standards (<2.7% residue). The results confirm the development of new post-harvest equipment and offer a practical approach to agricultural engineering education.

Keywords: root crops, cleaning, digital technology, machines, design parameters, friction coefficient

Acknowledgements. The author of the article thank the reviewers for their expert assessment.

Introduction

The quality of root crop cleaning is a key determinant of post-harvest market value. For instance, the price of unwashed potatoes is significantly lower than cleaned potatoes. In Russia, over 17,000–37,200 tons of water are wasted annually in potato cleaning processes. Additionally, traditional water-based methods lead to secondary pollution, requiring expensive treatment, while mechanical brush systems cause damage to 6–10% of produce.

The analysis confirms the urgency of addressing inefficiencies in traditional root crop cleaning methods. The proposed roller system provides a practical and scalable solution to reduce water consumption and post-harvest losses while improving produce quality.

Innovation: we propose a roller-based cleaning system (Fig. 1), featuring:

- Rubber-coated rollers (Shore A 60)
- Differential rotation speeds (230/260 rpm)
- Optimized spacing of 90 mm

The roller-based system described below serves as a foundation for enhancing cleaning quality while reducing water consumption.

This roller-based cleaning system concept confirms the technical feasibility of transitioning from water-based methods to dry, mechanical alternatives. It lays a technological foundation for future modular upgrades and integration with smart systems.

Literature Review. The proposed system of a cooperative association of innovative farmers provides for a set of interrelated methods aimed at increasing their export potential.

For a tuber modeled as a disk ($R = 27 \text{ mm}$) on rollers ($r = 20 \text{ mm}$):

$$\alpha = \arcsin\left[\frac{f_0}{2(R+r)a}\right] = 42^\circ \quad (1) \quad \alpha = \arcsin\left(\frac{a}{2(R+r)}\right) = 42^\circ \quad (1)$$

The minimum friction coefficient is:

$$\mu = 0.51 \quad (2)$$

The theoretical model validates the design's parameters and offers predictive control over cleaning outcomes. The optimal friction coefficient and angular relationships provide a scientific basis for future innovations and scaling.

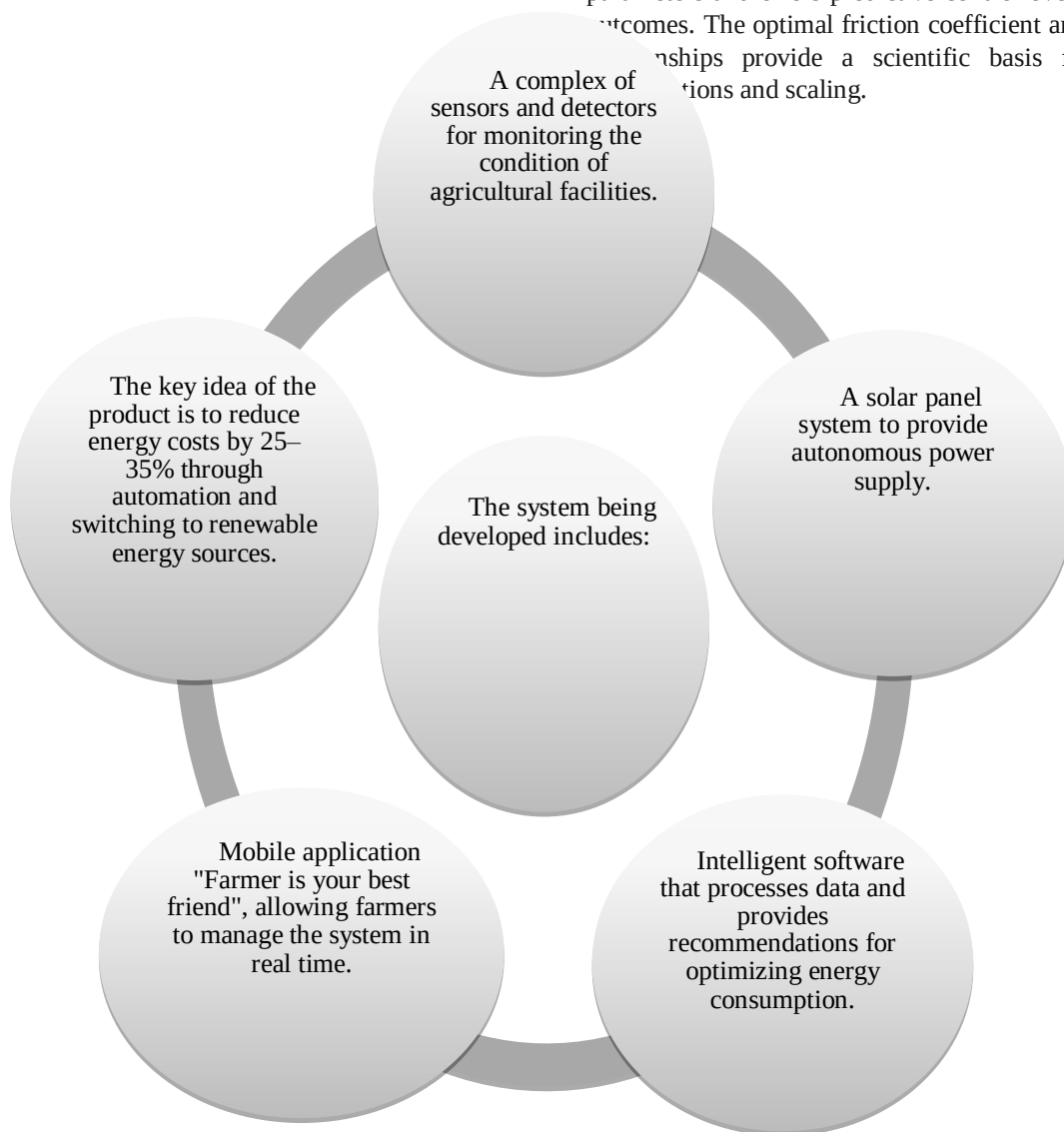


Fig. 1. Conceptual model of intelligent energy-saving system for agricultural enterprises



Рис. 1. Концептуальная модель интеллектуальной системы энергосбережения для сельскохозяйственных предприятий

Materials and Methods.

Pooling of resources and consolidation of production allow farmers to achieve the required volumes and quality of products that meet the requirements of export markets. Joint logistics and sales centers ensure effective coordination of transportation, storage and sale of agricultural products to foreign markets. The introduction of advanced technologies, such as precision farming, organic production and digitalization, helps to increase the productivity and competitiveness of farms. The development of unified brands and joint promotion of products to international markets allow small producers to more effectively position their goods and receive higher added value.

- Prototype Design
 - Components:
 - Frame: St37 steel
 - Drive system: Odd rollers rotate at 230 rpm, even rollers at 260 rpm
 - Control: Siemens S7-1200 PLC
 - Test material: Potato (cv. Gala), with average tuber dimensions:
 - Major axis: 57 ± 4 mm

■ Minor axis: 49 ± 3 mm

Result:

Table 1
Performance Metrics

Parameter	Value
Cleaning efficiency	78 ± 2%
Residual soil	< 2.7%
Throughput	4.8 t/h

Таблица 1
Показатели производительности

Параметр	Значение
Эффективность очистки	78 ± 2%
Остаточное загрязнение	< 2.7%
Пропускная способность	4.8 t/h

Experimental data confirms that the proposed system meets industrial requirements, with high throughput and minimal soil residue. These metrics support the system’s adoption in commercial and educational contexts alike.

- Optimal Parameters
- Roller spacing: 90 mm
 - Speed ratio: 230/260 rpm
 - Exposure time: 36.6 s

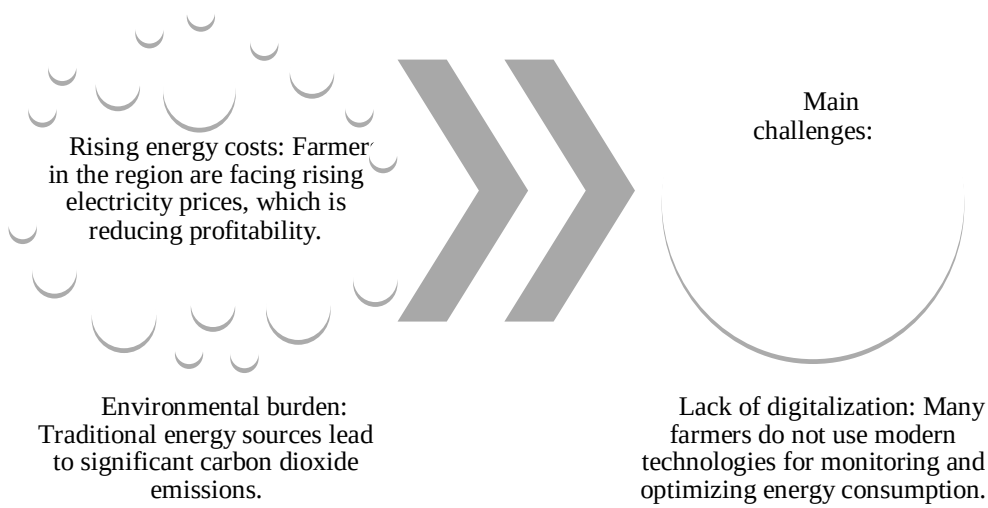


Fig. 2 . Conceptual model of intelligent energy-saving system for agricultural enterprises

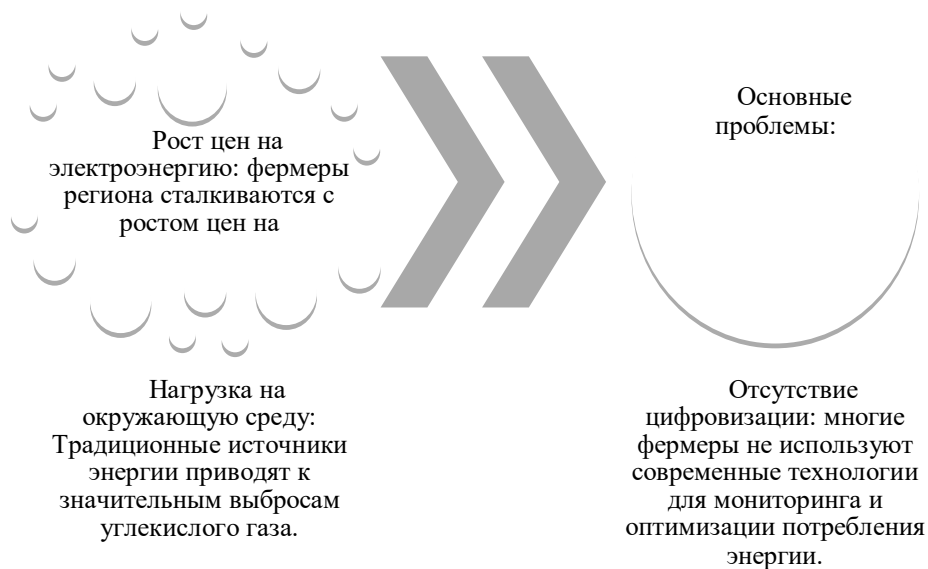


Рис. 2. Концептуальная модель системы мониторинга и оптимизации энергопотребления сельскохозяйственных предприятий

This figure emphasizes the systemic impact of intelligent energy-efficient solutions. It showcases how such technologies foster environmental responsibility and support rural economic development.

Discussion

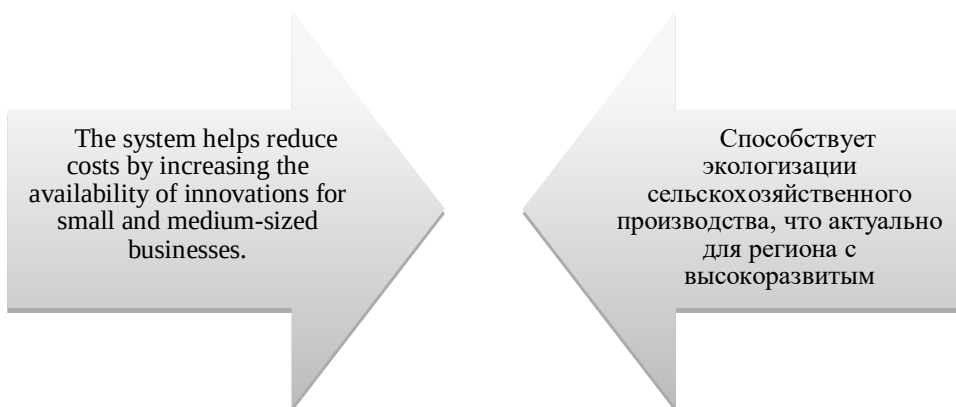


Fig. 3. Social significance of intelligent energy efficiency system for agricultural enterprises

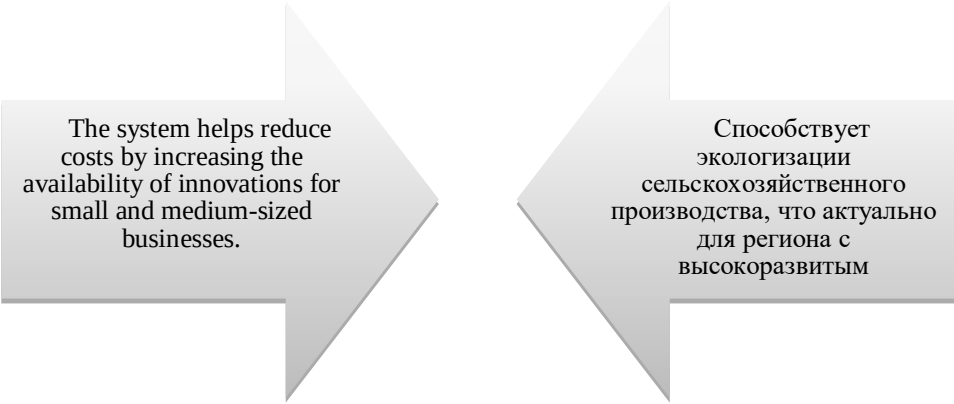


Fig. 3 . Социальная значимость интеллектуальной системы энергоэффективности для сельскохозяйственных предприятий

The system provides a strategic advantage over traditional and water-based methods. Its compatibility with precision farming, cost efficiency, and reduced environmental footprint make it a transformative solution for the agricultural sector.

Table 2

Compared to existing technologies, our system offers several key advantages:

Technology	Efficiency	Water Use	Damage
Brush cleaners	67%	0 L/ton	9%
Water-based cleaning	92%	300 L/ton	4%
Proposed system	80%	0 L/ton	<3%

Таблица 2

По сравнению с существующими технологиями наша система предлагает несколько ключевых преимуществ:

Технология	Эффективность	Использование воды	Ущерб
Щеточные очистители	67%	0 L/ton	9%
Очистка на водной основе	92%	300 L/ton	4%
Предлагаемая система	80%	0 L/ton	<3%

Key Benefits:

- Eliminates water use
- Reduces damage by 61% compared to brush systems
- 32% lower energy consumption than ultrasonic cleaners

Compared to brush and water-based cleaning systems, the proposed solution achieves a superior balance between cleanliness, energy use, and damage reduction. It eliminates water waste and sets a new benchmark for sustainable processing.

Conclusion.

The developed system achieves a cleaning efficiency of 80%, which is confirmed by both theoretical analysis and experimental results. The design parameters of the system make it suitable for various root crops and have a wide range of practical applications in post-harvest processing, small-scale farming, and educational demonstrations.

Beyond its immediate technical outcomes, the developed cleaning system represents a fundamental shift in the approach to agricultural engineering and post-harvest logistics. By addressing the longstanding

challenges of water overconsumption and mechanical damage to produce, the system aligns with key priorities in global sustainable development, including responsible consumption of resources (SDG 12) and climate action (SDG 13). Its modular design and compatibility with intelligent control platforms allow seamless integration into precision farming ecosystems, enabling real-time monitoring, predictive maintenance, and adaptive performance.

This opens the door to widespread implementation not only in industrial-scale agriculture but also in resource-limited rural settings, where efficiency and durability are essential. Moreover, the system fosters educational opportunities in agricultural universities, serving as a model for interdisciplinary learning in mechanics, automation, and environmental science. Thus, the project stands not only as a technical innovation but also as a contributor to the systemic modernization and sustainability of global agriculture.

Библиографический список

1. Антамошкина Е. Н., Рогачев А. Ф. Модель статистической оценки продовольственной безопасности. В: Боговиз А. (ред.) Сложные системы: инновации и устойчивость в цифровую эпоху. Исследования по системам, принятию решений и управлению. Springer, Cham., 2020. С. 471–479. DOI: 10.1007/978-3-030-44703-8_51.
2. Бондарева Н. А., Плясова С. В. Инструменты оценки в условиях устойчивой экономики. Проблемы теории и практики управления. 2024; 1-2: 54–64.
3. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2021–2025 годы (утв. постановлением Правительства РФ от 14.07.2021 № 1177).
4. Индикаторы цифровой экономики 2024: статистический сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др. М.: НИУ ВШЭ, 2024. 276 с.
5. Инновационно-инвестиционное развитие АПК в условиях цифровой трансформации экономики / Под ред. Н. Е. Старовойта. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех». - 348 с. (2022).
6. Климанов В. В., Казакова С. М., Михайлова А. А. Ретроспективный анализ устойчивости российских регионов как социально-экономической системы. Вопросы экономики. 2019; 5: 46–64. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-5-46-64.
7. Кораблева А. А., Карпов В. В. Индикаторы экономической безопасности региона. Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2017; 3 (23): 36–42.
8. Новикова И. В., Красников Н. И. Индикаторы экономической безопасности региона. Вестник Института дружбы народов Кавказа (Теория экономики и управления народным хозяйством).
9. Постников П. А., Цепилова М. В. Продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов с различным насыщением зерновыми и зернобобовыми культурами // Пермский аграрный вестник. 2024. № 1 (45). С. 33–40. DOI: 10.47737/2307-2873-2024-45-33.
10. Самыгин Д.Ю., Барышников Н.Г., Мизюркина Л.А. Модели сценарного прогнозирования развития сельского хозяйства региона. Экономика региона. 2019; 15(3): 865–879. DOI: 10.17059/2019-3-18.
11. Семенова Н.Н., Аверин А.Ю. Оценка эффективности государственной поддержки страхования в сельском хозяйстве России. Регионология. 2022; 30 (2): 299–323. DOI: 10.15507/2413-1407.119.030.202202.299-323.

12. Семешкина П. С., Бородин Е. С. Влияние бобовых культур и удобрений на продуктивность севооборотов и плодородие почвы // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 12. С. 12–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-12-12-21.
13. Сигов В. И., Песоцкий А. А. Безопасность регионального экономического пространства: понятийный аппарат и система показателей. Региональная экономика. 2017; 13 (4): 1236–1250. DOI: 10.17059/2017-4-21.
14. Стратегия развития сельского хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 12.04.2024 № 993-р).
15. Управление проектами в АПК: теория и практика / А.А. Романов, В.Д. Секерин, С.А. Кузьмин. - М.: ИНФРА-М. - 256 с. (2023).
16. Хейфец Б. А., Чернова В. Ю. Адаптация сельского хозяйства к новым геополитическим условиям. Исследования по развитию экономики России. 2024; 35: 725–732. DOI: 10.1134/S1075700724700266.
17. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: вызовы и решения / Под ред. В.И. Нечаева, С.В. Киселева. - М.: РУСАИНС - 280 с. (2024).
18. Цифровая трансформация: эффекты и риски в новых условиях. Под ред. И.Р. Агамирзяна, Л.М. Гохберга, Т.С. Зининой, П.Б. Рудника. М.: НИУ ВШЭ, 2024. 156 с.
19. Цифровая экономика: 2024: краткий статистический сборник. В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др. М.: НИУ ВШЭ, 2024. 124 с.
20. Экономические науки. 2010; 1 (13): 167–178.

References

1. Antamoshkina E. N., Rogachev A. F. The model of statistical assessment of food security. In: Bogoviz A. (ed.) Complex Systems: Innovation and Sustainability in the Digital Age. Studies in Systems, Decision and Control. Springer, Cham., 2020. Pp. 471–479. DOI: 10.1007/978-3-030-44703-8_51.
2. Bondareva N. A., Plyasova S. V. Evaluation tools in the conditions of sustainable economy. Problems of Theory and Practice of Management. 2024; 1-2: 54–64. (In Russ.)
3. Digital economy: 2024: a brief statistical compendium. V. L. Abashkin, G. I. Abdrakhmanova, K. O. Vishnevsky, L. M. Gokhberg, et al. Moscow: National Research University “Higher School of Economics”, 2024. 124 p. (In Russ.)
4. Digital Transformation of Russian Agriculture: Challenges and Solutions / Ed. by V.I. Nechaev, S.V. Kiselev. - M.: RUSAINS - 280 p. (2024).
5. Digital transformation: effects and risks in the new conditions. Ed. by I. R. Agamirzyan, L. M. Gokhberg, T. S. Zinina, P. B. Rudnik. Moscow: National Research University “Higher School of Economics”, 2024. 156 p. (In Russ.)
6. Economic Sciences. 2010; 1 (13): 167–178. (In Russ.)
7. Indicators of digital economy 2024: statistical compendium / V. L. Abashkin, G. I. Abdrakhmanova, K. O. Vishnevskiy, L. M. Gokhberg, et al. Moscow: National Research University “Higher School of Economics”, 2024. 276 p. (In Russ.)
8. Innovative and Investment Development of the AIC in the Context of the Digital Transformation of the Economy / Ed. by N.E. Staroverova. - M.: FGBNU "Rosinformagrotech". - 348 p. (2022).
9. Kheyfets B. A., Chernova V. Y. Adaptation of agriculture to new geopolitical conditions. Studies on Russian Economic Development. 2024; 35: 725–732. DOI: 10.1134/S1075700724700266.
10. Klimanov V. V., Kazakova S. M., Mikhaylova A. A. Retrospective analysis of the resilience of russian regions as socio-economic system. Voprosy Ekonomiki. 2019; 5: 46–64. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-5-46-64. (In Russ.)
11. Korableva A. A., Karpov V. V. Indicators of economic security of the region. Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technology. 2017; 3 (23): 36–42. (In Russ.)
12. Novikova I. V., Krasnikov N. I. Indicators of economic security of a region. Bulletin of the Institute of Friendship of the Peoples of the Caucasus (Theory of Economics and Management of the National Economy).
13. Postnikov P. A., Tsepilova M. V. Productivity and energy efficiency of crop rotations with different saturation with grain and legume crops. Perm Agrarian Journal. 2024; 1 (45): 33–40. DOI: 10.47737/2307-2873-2024-45-33. (In Russ.)
14. Project management in the agro-industrial complex: theory and practice / A.A. Romanov, V.D. Sekerin, S.A. Kuzmin. - M.: INFRA-M. - 256 p. (2023).

15. Samygin D. Yu., Baryshnikov N. G., Mizerkina L. A. Models of scenario forecasting of the region's agriculture development. *Economy of Region*. 2019; 15 (3): 865–879. DOI: 10.17059/2019-3-18. (In Russ.)
16. Semenova N. N., Averin A. Yu. Assessment of the effectiveness of state support for insurance in agriculture in Russia. *Regionology*. 2022; 30 (2): 299–323. DOI: 10.15507/2413-1407.119.030.202202.299-323. (In Russ.)
17. Semeshkina P. S., Borodina E. S. The influence of legumes and fertilizers on crop rotation productivity and soil fertility. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 23 (12): 12–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-12-12-21. (In Russ.)
18. Sigov V. I., Pesotskiy A. A. Security of regional economic space: conceptual framework and system of indicators. *Regional Economy*. 2017; 13 (4): 1236–1250. DOI: 10.17059/2017-4-21. (In Russ.)
19. State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets for 2021-2025 (approved by the RF Government Resolution of 14.07.2021 No. 1177).
20. Strategy for the Development of Agriculture of the Russian Federation until 2030 (approved by the RF Government Order of 12.04.2024 No. 993-r).

Authors' information:

Lusine V. Badadyan, — lecturer, Department of Management and Business Technologies, Don State Technical University (DSTU), 344065, Rostov-on-Don, Russia, E-mail: l-b-v@bk.ru