

Известия

Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова

Научно-практический журнал

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ № ФС77-75291 от 15 марта 2019 г.). Индекс издания ПП921 АО «Почта России».
Издается с 2013 г. Выходит 4 раза в год.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

УЧРЕДИТЕЛЬ: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Шекихачев Ю. А. – д-р техн. наук, проф.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Апажев А. К. – д-р техн. наук, доц.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Абдулхаликов Р. З. – д-р с.-х. наук, доц.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

Дзуганов В. Б. – д-р техн. наук, доц.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Айсанов З. М. – д-р с.-х. наук, проф.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Аширбеков М. Ж. – д-р с.-х. наук, доц., Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева (Петропавловск, Республика Казахстан)
Бакуев Ж. Х. – д-р с.-х. наук, доц., Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства (Нальчик, Россия)
Батукаев А. А. – д-р с.-х. наук, проф., Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Грозный, Россия)
Васюкова А. Т. – д-р техн. наук, проф., Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) (Москва, Россия)
Власова О. И. – д-р с.-х. наук, доц., Ставропольский ГАУ (Ставрополь, Россия)
Гварамия А. А. – д-р физ.-мат. наук, проф., акад. АН Абхазии, Абхазский государственный университет (Сухум, Республика Абхазия)
Гудковский В. А. – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН, Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина (Мичуринск, Россия)
Гужежев В. М. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский научный центр РАН (Нальчик, Россия)
Джабоева А. С. – д-р техн. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Есаулко А. Н. – д-р с.-х. наук, проф., проф. РАН, Ставропольский ГАУ (Ставрополь, Россия)
Камбулов С. И. – д-р техн. наук, доц., Аграрный научный центр «Донской» (Зерноград, Россия)
Кудаев Р. Х. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Курасов В. С. – д-р техн. наук, доц., Кубанский ГАУ (Краснодар, Россия)

Ламердонов З. Г. – д-р техн. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Максимов В. И. – д-р биол. наук, проф., Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К. И. Скрябина (Москва, Россия)
Марченко В. В. – д-р с.-х. наук, проф., чл.-кор. РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела (Московская область, Пушкино, пос. Лесные поляны, Россия)
Модебадзе Н. П. – д-р экон. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Назранов Х. М. – д-р с.-х. наук, доц., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Несмиянов И. А. – д-р техн. наук, доц., Волгоградский ГАУ (Волгоград, Россия)
Сокол Н. В. – д-р техн. наук, проф., Кубанский ГАУ (Краснодар, Россия)
Тамова М. Ю. – д-р техн. наук, проф., Кубанский государственный технологический университет (Краснодар, Россия)
Тарчоков Т. Т. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Темираев Р. Б. – д-р с.-х. наук, проф., Горский ГАУ (Владикавказ, Россия)
Успенский А. В. – д-р ветеринар. наук, проф., чл.-кор. РАН, Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук (Москва, Россия)
Ханиева И. М. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Шахмурзов М. М. – д-р биол. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Шевхужев А. Ф. – д-р с.-х. наук, проф., Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра (Ставрополь, Россия)
Шеуджен А. Х. – д-р биол. наук, проф., акад. РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт риса (Краснодар, Россия)
Шогенов Ю. Х. – д-р техн. наук, акад. РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН (Москва, Россия)
Юлдашбаев Ю. А. – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН, РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева (Москва, Россия)

Izvestiya

of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Scientific and practical journal

Registered by Federal Communication Supervision Service of Information Technologies and Mass Communication (PI № FS77-75291 from March, 15, 2019). Publication index PP921 JSC Russian Post. Issued since 2013. It is published four times a year.

The journal is included in the List of the peer-reviewed scientific publications, in which the basic scientific results of dissertations for the degree of candidate of science, for the degree of doctor of science should be published

FOUNDER: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov"

EDITOR-IN-CHIEF:

Shekikhachev Yu.A. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)

ASSISTANTS CHIEF EDITOR:

Apazhev A.K. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Abdulkhalikov R.Z. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)

EXECUTIVE EDITOR:

Dzukanov V.B. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)

EDITORIAL BOARD:

Aisanov Z.M. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Ashirbekov M.Zh. – Assoc. Prof., Dr. Sci., North
Kazakhstan University named after M. Kozybayev
(Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan)
Bakuev Zh.Kh. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
North Caucasian Research Institute of Mountain
and Foothill Gardening (Nalchik, Russia)
Batukaev A.A. – Prof., Dr. Sci.,
Chechen Research Institute of Agriculture
(Grozny, Russia)
Vasyukova A.T. – Prof., Dr. Sci., Russian Biotechnological
University (ROSBIOTECH) (Moscow, Russia)
Vlasova O.I. – Assoc. Prof., Dr. Sci., Stavropol SAU
(Stavropol, Russia)
Gvaramiya A.A. – Prof., Dr. Sci., Academician of AS
of Abkhazia, Abkhazian State University
(Sukhum, Republic of Abkhazia)
Gudkovskiy V.A. – Prof., Dr. Sci., Academician
of RAS, Federal Scientific Center named after
I.V. Michurin (Michurinsk, Russia)
Gukezhev V.M. – Prof., Dr. Sci., Kabardino-Balkarian
Scientific Center RAS (Nalchik, Russia)
Dzhaboeva A.S. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Esaulko A.N. – Prof., Dr. Sci., Prof. of RAS,
Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russia)
Kambulov S.I. – Assoc. Prof., Dr. Sci., Agrarian
Scientific Center "Donskoy" (Zernograd, Russia)
Kudaev R.Kh. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Kurasov V.S. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kuban SAU (Krasnodar, Russia)

Lamerdonov Z.G. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Maksimov V.I. – Prof., Dr. Sci.,
Moscow State Academy of Veterinary Medicine and
Biotechnology – MVA named after K.I. Scryabin
(Moscow, Russia)
Marchenko V.V. – Prof., Dr. Sci., Corr. Member of RAS,
All-Russian Research Institute of Pedigree Business
(Moscow region, Pushkino, Lesnye Polyany village,
Russia)
Modebadze N.P. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Nazranov Kh.M. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Nesmiyanov I.A. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Volgograd SAU (Volgograd, Russia)
Sokol N.V. – Prof., Dr. Sci., Kuban SAU
(Krasnodar, Russia)
Tamova M.Yu. – Prof., Dr. Sci.,
Kuban State Technological University
(Krasnodar, Russia)
Tarchokov T.T. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Temiraev R.B. – Prof., Dr. Sci., Gorsky SAU
(Vladikavkaz, Russia)
Uspenskiy A.V. – Prof., Dr. Sci., Corr. Member of RAS,
Federal Scientific Center – All-Russian Research Institute
of Experimental Veterinary named after K.I. Scryabin and
Y.R. Kovalenko Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russia)
Khanieva I.M. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Shakhmurzov M.M. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Shevkhuzhev A.F. – Prof., Dr. Sci., All-Russian Research
Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the
North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center
(Stavropol, Russia)
Sheudzhen A.Kh. – Prof., Dr. Sci., Academician of RAS,
All-Russian Rice Research Institute (Krasnodar, Russia)
Shogenov Yu.Kh. – Dr. Sci., Academician of RAS,
Department of Agricultural Sciences RAS
(Moscow, Russia)
Yuldashbaev Yu.A. – Prof., Dr. Sci., Academician of RAS,
Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russia)

СОДЕРЖАНИЕ**АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО****Общее земледелие и растениеводство****Мамсиров Н. И., Кишев А. Ю., Бозиев А. Л., Жиров Д. А.**

Влияние новых жидких комплексных органоминеральных удобрений на рост и качество урожая кукурузы 7

Шогенов Ю. М.

Влияние инновационного комплексного удобрения Микровит Стандарт на формирование урожая кукурузы в предгорной зоне Кабардино-Балкарии 15

Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика**Балкизов А. Б., Сасиков А. С., Амшоков Б. Х.**

Повышение эффективности водопойных пунктов на высокогорных пастбищах в Кабардино-Балкарской Республике 23

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ**Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов
и производства продукции животноводства****Гадиев Р. Р., Гайфуллина А. Р.**

Нормы скармливания зерен пророщенного ячменя курам родительского стада мясного направления 30

Дудуев А. С., Абдулхаликов Р. З.

Влияние дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей закрытых птичников на продуктивные качества и резистентность цыплят-бройлеров 37

Османиян А. К., Эдилова А. А., Малородов В. В.

Калибровка инкубационных яиц по массе и выращивание ремонтного молодняка перепелов в равновесовых сообществах 44

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных**Айсанов З. М., Тарчоков Т. Т., Тлейншева М. Г.**

Новый метод дифференциации лактирующих коров по устойчивости к воздействию теплового стресса 51

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса****Кудзиев К. Д., Кубалов М. А., Агузаров А. М.**

Пути повышения динамико-технологических характеристик машинно-тракторного агрегата на склоне 59

Курасов В. С., Дмитриев Д. А., Цыбулевский В. В.

Оптимизация параметров плужного лемеха с дополнительными элементами для крошения почвы .. 67

Сохроков А. М., Фиापшев А. Г., Хамоков М. М., Шекихачева Л. З.

Оптимизация процесса дражирования семян: моделирование и экспериментальная верификация ... 76

Тавасиев Р. М., Дзиццоев А. П.

Кинематический анализ механизма привода опрыскивателя 87

Уртаев Т. А., Кабалоев А. Г., Джигоев Н. С.

Повышение эффективности проведения камнеуборочных работ на обрабатываемых полях горных и предгорных территорий 96

Пищевые системы

Влащик Л. Г., Тарасенко А. В., Турбин В. А.

Инновационные технологические решения в разработке функциональных десертов на основе натурального сырья 104

Коптелов К. И., Горячева Е. Д., Кузнецова К. С.

Проблемы и перспективы технологий утилизации отходов овощей и фруктов 112

Сокол Н. В., Кенийз Н. В., Матчак С. С.

Влияние функциональных добавок и шоковой заморозки на показатели качества хлеба 123

Тамахина А. Я., Бориева Л. З.

Формирование показателей качества булочного изделия при добавлении настоя фиалки собачьей (*Viola canina* L.) 132

Хоконова М. Б., Созаева Д. Р., Бегидов И. Ю.

Изменение состава среды при пастеризации суслу для приготовления дрожжей в спиртовом производстве 141

Храмова В. Н., Сурков Д. И.

Влияние геометрии тары на аминокислотный состав белка нута при СВЧ-обработке 148

ЭКОНОМИКА

Региональная и отраслевая экономика

Баккуев Э. С., Кунижева Л. Х., Сарбашева Е. М.

Оценка инвестиционного лага в динамике производства сельскохозяйственной продукции 155

CONTENTS

AGRONOMY, FORESTY AND WATER MANAGEMENT

General Farming and Crop Production

- Mamsirov N.I., Kishev A.Yu., Bosiev A.L., Zhirov D.A.**
The new liquid complex organomineral fertilizers' influence on the size and quality of the corn crop 7

- Shogenov Yu.M.**
The influence of complex innovative fertilizer Microvit Standard on the formation of corn crops in the foothill zone of Kabardino-Balkaria 15

Land reclamation, water management and agrophysics

- Balkizov A.B., Sasikov A.S., Amshokov B.Kh.**
Improving the efficiency of high-altitude pasture watering points in Kabardino-Balkarian Republic 23

ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

Private Zootechnics, Feeding, Feed Preparation Technologies
and Livestock Production

- Gadiev R.R., Gayfullina A.R.**
Feeding standards of sprouted barley grains to chickens of parent flocks of meat direction 30

- Duduev A.S., Abdulkhalikov R.Z.**
Effects of disinfection and cooling of wall ventilation panels of closed poultry houses on the productive qualities and resistance of broiler chickens 37

- Osmanyanyan A.K., Edilova A.A., Malorodov V.V.**
Calibration of incubation eggs by weight and growing of replacement quail in equal weight communities 44

Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology of Animals

- Aisanov Z.M., Tarchokov T.T., Tleynsheva M.G.**
A new method for differentiating lactating cows on their resistance to heat stress 51

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Technologies, Machines and Equipment for the Agro-industrial Complex

- Kudziev, K.D., Kubalov M.A., Aguzarov A.M.**
Ways to improve the dynamic and technological characteristics of a machine-tractor unit on a slope 59

- Kurasov V.S., Dmitriev D.A., Tsybulovsky V.V.**
Optimization of plowshare parameters with additional elements for soil crumbling 67

- Sokhrokov A.M., Fiapshev A.G., Khamokov M.M., Shekikhacheva L.Z.**
Optimization of the process of coating seeds: modeling and experimental verification 76

- Tavasiev R.M., Dzitsstsoev A.P.**
Kinematic analysis of the sprayer drive mechanism 87

- Urtaev T.A., Kabaloev A.G., Dzhioev N.S.**
Increasing the efficiency of stone removal operations in cultivated fields of mountainous and foothill areas 96

Food Systems

Vlaschik L.G., Tarasenko A.V., Turbin V.A. Innovative technological solutions in the development of functional desserts based on natural raw materials	104
Koptelov K.I., Goryacheva E.D., Kuznetsova K.S. Problems and prospects of fruit and vegetable waste disposal technologies	112
Sokol N.V., Keniz N.V., Matchak S.S. The effect of functional additives and shock freezing on bread quality indicators	123
Tamakhina A.Ya., Borieva L.Z. Formation of quality indicators of bakery products with the addition of dog violet (<i>Viola canina</i> L.) infusion	132
Khokonova M.B., Sozaeva D.R., Begidov I.Y. Changing the composition of the medium during pasteurization of wort for the preparation of yeast in alcohol production	141
Khramova V.N., Surkov D.I. Influence of container geometry on amino acid composition of chickpea protein during microwave treatment	148

ECONOMY

Regional and Sectoral Economy

Bakkuev E.S. Kunizheva L.Kh. Sarbasheva E.M. Estimation of investment lag in the dynamics of agricultural production	155
--	------------

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО
AGRONOMY, FORESTY AND WATER MANAGEMENT**Общее земледелие и растениеводство****General Farming and Crop Production**

Научная статья

УДК 633.15:631.8

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-7-14

**Влияние новых жидких комплексных органоминеральных удобрений
на рост и качество урожая кукурузы****Нурбий Ильясович Мамсиров¹, Алим Юрьевич Кишев^{✉2}, Алий Леонидович Бозиев³,
Дмитрий Александрович Жиров⁴**^{1,4}Майкопский государственный технологический университет, улица Первомайская, 191,
Майкоп, Россия, 385000^{2,3}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030¹nur.urup@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4581-5505>^{✉2}a.kish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2838-6876>³boziev_alim@mail.ru, <https://orcid.org/000-0002-7615-292X>⁴zhirov.d.a.99@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-4623-7313>

Аннотация. Исследование посвящено повышению урожайности кукурузы в условиях Республики Адыгея, где нестабильность урожая (около 4 т/га) связана с дефицитом подвижных форм азота и фосфора в почве. Цель работы – оценка эффективности жидких комплексных органоминеральных удобрений для увеличения продуктивности и качества зерна. Полевые опыты проводились в 2022–2024 гг. на чернозёмах выщелоченных среднесуглинистых с использованием районированного сорта кукурузы. Изучалось влияние пяти видов удобрений (Полидон® Био, Нутривант Плюс, КомплеМет, Паверфол, Ультрамаг Комби) при различных режимах влажности. Результаты показали, что применение жидких комплексных органоминеральных удобрений в сочетании с оптимальным увлажнением значительно повышает биометрические показатели: площадь листьев увеличивалась на 7–10%, высота растений – до 322 см, а урожайность зерна достигала 8,98 т/га (2023 г.). Наибольшая эффективность отмечена при внесении 120 кг/га азота и фосфора, что обеспечило прирост сухой массы на 15–24%. В засушливые годы (2022 г.) внесение удобрений без орошения не давало существенного эффекта, что подтверждает важность комплексного подхода. Научная новизна работы заключается в изучении действия жидких комплексных органоминеральных удобрений в условиях выщелоченных чернозёмов. Практическая ценность – разработка агротехнических рекомендаций, позволяющих стабилизировать урожайность на уровне 8–10 т/га. Исследование демонстрирует, что оптимизация минерального питания и влагообеспеченности является ключевым фактором повышения продуктивности кукурузы в регионе.

Ключевые слова: кукуруза, урожайность, качество, жидкие комплексные органоминеральные удобрения, подвижный фосфор, легкогидролизуемый азот

Для цитирования: Мамсиров Н. И., Кишев А. Ю., Бозиев А. Л., Жиров Д. А. Влияние новых жидких комплексных органоминеральных удобрений на рост и качество урожая кукурузы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова 2025. № 2(48). С. 7–14. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-7-14

Original article

The new liquid complex organomineral fertilizers' influence on the size and quality of the corn crop

Nurbiy I. Mamsirov¹, Alim Yu. Kishiev^{✉2}, Ali L. Bosiev³, Dmitry A. Zhironov⁴

^{1,4}Maikop State Technological University, 191 Pervomaiskaya Street, Maykop, Russia, 385000

^{2,3}Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

¹nur.urup@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4581-5505>

^{✉2}a.kish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2838-6876>

³boziev_alim@mail.ru, <https://orcid.org/000-0002-7615-292X>

⁴zhironov.d.a.99@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-4623-7313>

Abstract. The study is devoted to increasing corn yields in Republic of Adygea, where crop instability (about 4 t/ha) is associated with a deficiency of mobile forms of nitrogen and phosphorus in the soil. The purpose of the work is to evaluate the effectiveness of liquid complex organomineral fertilizers to increase productivity and grain quality. Field experiments were conducted in 2022–2024 on leached medium loamy chernozems using a zoned variety of corn. The effect of five types of fertilizers (Polydon®) was studied. Bio, Nutrivant Plus, CompleMet, Waterfall, Ultramag Combo) at various humidity conditions. The results showed that the use of liquid complex organomineral fertilizers in combination with optimal hydration significantly increases biometric indicators: leaf area increased by 7–10%, plant height – up to 322 cm, and grain yield reached 8.98 t/ha (2023). The highest efficiency was observed when applying 120 kg/ha of nitrogen and phosphorus, which it provided a 15–24% increase in dry weight. In the dry years (2022), applying fertilizers without irrigation did not have a significant effect that confirms the importance of an integrated approach. The scientific novelty of the work is to study the effect of liquid complex organomineral fertilizers in leached chernozems. The practical value is the development of agrotechnical recommendations to stabilize yields at the level of 8–10 t/ha. The study demonstrates that optimizing mineral nutrition and moisture availability is a key factor in increasing corn productivity in the region.

Keywords: corn, yield, quality, liquid complex organomineral fertilizers, mobile phosphorus, easily hydrolyzable nitrogen

For citation: Mamsirov N.I., Kishiev A.Yu., Bosiev A.L., Zhironov D.A. The new liquid complex organomineral fertilizers' influence on the size and quality of the corn crop. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;2(48):7–14. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-7-14

Введение. Кукуруза является одной из основных зерновых культур в Республике Адыгея. Площадь посева её составляет более 50 тыс. га [1, 2]. Однако урожай зерна остаётся нестабильным и сравнительно невысоким – около 4 т/га [3, 4]. Главной причиной этого является недостаток в почве подвижных форм азота и фосфора [5]. Представляет теоретический и практический интерес изучить динамику эффективности разных норм азотных и фосфорных удобрений для получения высокого урожая зерна с наилучшими показателями качества [6, 7].

В связи с этим **целью** нашего исследования было определить эффективность жидких

комплексных органоминеральных удобрений для получения наибольшего урожая зерна с наилучшими показателями качества.

В задачи исследований входило изучить влияние жидких комплексных органоминеральных удобрений на рост, структуру и качество урожая зерна кукурузы в зависимости от режима влажности почвы.

Научная новизна. Впервые в условиях чернозёмов выщелоченных среднесуглинистых выявлена эффективность применения жидких комплексных органоминеральных удобрений.

Практическая ценность результатов исследования заключается в оптимизации ре-

жима питания кукурузы жидкими комплексными органоминеральными удобрениями, обеспечивающими стабильный урожай зерна кукурузы порядка 8–10 т/га [8, 9].

Материалы, методы и объекты исследования. Полевые опыты проведены в 2022–2024 гг. на базе НИИСХ ФГБОУ ВО «МГТУ» в Республике Адыгея. В исследованиях использовали кукурузу Краснодарский 291 АМВ, районированную в регионе.

В полевых опытах изучали эффективность применения жидких комплексных органоминеральных удобрений при естественном увлажнении.

Схема опыта

1. Контроль – естественное плодородие почвы при естественной влагообеспеченности.

2. $N_{90}P_{90}K_{60}$ (фон) – высокая обеспеченность фосфором и средняя – азотом без орошения.

3. Фон – Полидон® Био Кукуруза.

3. Фон – Нутривант Плюс Кукуруза.

4. Фон – КомплеМет Кукуруза.

5. Фон – Паверфол (Спидфол) Кукурузный РК – Ультрамаг Комби Кукуруза.

Площадь посевной делянки в обоих опытах 250 м², учётной 100 м². Повторность четырёхкратная; размещение делянок рендомизированное.

Почва опытных участков – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Реакция почвенного раствора нейтральная; содержание гумуса 3,6–4,5%, легкогидролизуемого азота 83–111 мг/кг почвы. Обеспеченность почвы подвижным фосфором средняя и повышенная, обменным калием – высокая, молибденом – средняя и бором – низкая. Почвы типичны для предгорной зоны Северного Кавказа.

ПОЛИДОН® Био Кукуруза – жидкое органоминеральное удобрение. Многокомпонентный органоминеральный комплекс новейшего поколения, стимулятор роста и развития растений, антидот, антистрессовый агент, иммуномодулятор, почвенный активатор. Действующими веществами являются гуминовые и фульвовые кислоты, ростовые вещества природного происхождения (ауксины, цитокинины, брассинолиды), микроэлементы, аминокислоты и полисахариды.

Нутривант Плюс Кукуруза (5,7-37-5,4) предназначен для листового питания кукурузы.

Благодаря повышенному содержанию фосфора, магния, серы и цинка Нутривант Плюс Кукуруза (5,7-37-5,4) повышает иммунитет и жизнестойкость растений, способствует закладке продуктивных початков и повышению качества зерна. Особенно он эффективен в фазе 3–5 и 6–7 листьев при двукратной обработке в дозировке 3–6 кг/га.

КомплеМет Кукуруза – жидкое комплексное удобрение с высокой концентрацией цинка в балансе с другими хелатными соединениями микроэлементов; предназначено для предпосевной обработки семян и некорневой подкормки кукурузы; содержит повышенное количество цинка, внесение которого наиболее эффективно на кукурузе, а также важные для злаков марганец и медь для профилактики и быстрого устранения проявившихся на растениях симптомов дефицита микроэлементов.

Ультрамаг Комби Кукуруза (состав % г/л азот (N) общ. 15,0–195,0; магний (MgO) 2,0–26,0; сера (SO₃) 4,2–54,6; железо (Fe) 0,7–9,1; марганец (Mn) 0,7–9,1; цинк (Zn) 1,1–14,3; медь (Cu) 0,6–7,8; бор (B) 0,4–5,2; молибден (Mo) 0,005–0,065; титан (Ti) 0,02–0,26) – концентрированное комплексное удобрение для быстрого предотвращения дефицитов и псевдодефицитов элементов питания и оптимизации минерального питания; разработано с учетом требований питания кукурузы на зерно и на силос; содержит сбалансированный состав микроэлементов, полностью отвечающих питательным требованиям кукурузы. Входящие в состав микроэлементы находятся в легкоусваиваемой растением хелатной форме, что гарантирует их полное, качественное и эффективное усваивание надземными органами растений. Жидкая препаративная форма удобрения, быстрое проникновение и полное усвоение питательных элементов способствуют повышению качественных и количественных показателей урожая.

Метеорологические условия в годы проведения исследования были удовлетворительными. За вегетацию осадков выпало 278 мм, или на 34% меньше среднемноголетнего количества (424 мм) (засушливый год); в 2024 г. осадков выпало на 25% больше среднемноголетнего, и они были распределены более равномерно (год с достаточной влагообеспечен-

ностью). В 2023 и 2024 гг. количество осадков было близким к среднесуточному и составляло 363–440 мм за вегетацию [10].

Агротехника в опыте – общепринятая для зоны. Перед посевом в почву вносили гербицид Мерлин с нормой 0,15 л/га с заделкой дисковой бороной.

Результаты исследования. Исследование эффективности применения жидких комплексных органоминеральных удобрений на посевах кукурузы в условиях выщелочен-

ных чернозёмов выявило: на чернозёмах выщелоченных среднесуглинистых со средним и повышенным содержанием подвижного фосфора и легкогидролизуемого азота в годы со средней влагообеспеченностью (2023 г.) внесение фосфорных удобрений в норме 120 кг/га и азотных в нормах 90 и 120 кг/га способствовало увеличению площади листьев на 7–10%, а в засушливые годы (2022 г.) площадь листьев не увеличивалась (табл. 1).

Таблица 1. Площадь листьев кукурузы в зависимости от режима питания и влагообеспеченности (тыс. м²/га)

Table 1. Corn leaf area depending on the nutrition regime and moisture supply (thousand m²/ha)

Фаза развития	Контроль	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀ (фон)	Фон – Полидон® Био Кукуруза	Фон – Нутривант Плюс Кукуруза	Фон – КомплеМет Кукуруза	Фон – Паверфол (Спидфол) Кукурузный РК – Ультрамаг Комби Кукуруза	НСР ₀₅
2022 г.							
7–9 листьев	7	8	16	10	14	12	
Цветение	24	25	56	31	53	45	3
2023 г.							
7–9 листьев	9	10	16	12	15	13	
Цветение	30	32	54	32	51	36	3
2024 г.							
7–9 листьев	10	13	15	11	14	12	
Цветение	38	43	52	48	50	49	4

Поддержание оптимального режима влажности почвы в течение вегетации за счёт влагозарядкового полива и четырёх вегетационных поливов способствовало увеличению площади листьев в 1,7–2,2 раза.

Улучшение режима минерального питания способствовало увеличению, кроме высоты растений и площади листьев, и других биометрических показателей растений: на 75% увеличивается диаметр стебля, среднее количество початков на 1 растение и количество початков на гектар в 2022 г. возросло на 14–16% (табл. 2).

В 2022 г. к фазе молочной спелости орошение вдвое увеличило массу сухого вещества, и эти различия сохранились до конца вегетации. В 2023 и 2024 гг. улучшение ми-

нерального питания способствовало повышению накопления сухой массы к фазе восковой спелости на 15–24%, т. е. оптимизация влагообеспеченности повышает эффективность применения минеральных удобрений.

Повышение содержания в удобрении подвижного фосфора и минерального азота в условиях недостатка влаги не оказало влияния на накопление сухого вещества (табл. 3).

Наибольший поделочный урожай зерна во все годы опытов был получен при оптимальной влажности почвы и внесении 120 кг/га минерального азота на фоне 120 кг/га фосфора (табл. 4).

Самый высокий урожай (8,98 т/га) получен в 2023 г. в этом же варианте. Снижение нормы азота до 90 кг/га уменьшило средний за

3 года урожай зерна на 0,397 т/га. Достоверное снижение урожая в этом варианте (0,57 т/га) отмечено в 2024 г. Естественное плодородие

почвы при естественной влагообеспеченности способствует формированию урожая зерна кукурузы на уровне более 4 т/га.

Таблица 2. Биометрические показатели кукурузы перед уборкой
Table 2. Biometric indicators of corn before harvesting

Фаза развития	Контроль	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀ (фон)	Фон – Полидон® Био Кукуруза	Фон – Нутривант Плюс Кукуруза	Фон – КомплеМет Кукуруза	Фон – Паверфол (Спидфол) Кукурузный РК – Ультрамаг Комби Кукуруза
Густота растений, тыс/га	54	54	55	54	55	54
Высота растений, см	200	221	322	236	312	287
Диаметр стебля, см	2,4	2,5	3,6	2,7	3,4	2,9
Початков, тыс/га	61	61	68	62	67	64
Початков на 1 раст.	1,10	1,10	1,35	1,20	1,30	1,24

Таблица 3. Динамика накопления сухого вещества кукурузы в зависимости от режима питания и влагообеспеченности (АСВ, т/га)
Table 3. Dynamics of accumulation of dry matter in corn depending on the feeding regime and moisture supply (DM, t/ha)

Фаза развития	Контроль	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀ (фон)	Фон – Полидон® Био Кукуруза	Фон – Нутривант Плюс Кукуруза	Фон – Компле- Мет Кукуруза	Фон – Паверфол (Спидфол) Кукурузный РК – Ультрамаг Комби Кукуруза	НСР ₀₅
2022 г.							
Цветение	5,1	5,5	9,5	6,7	9,4	7,6	
Молочное состояние	7,0	7,2	16,7	14,9	16,2	15,8	
Восковая спелость	8,3	8,7	18,5	12,7	18,0	15,4	0,6
2023 г.							
Цветение	7,2	8,1	9,8	9,5	9,7	9,6	
Молочное состояние	8,6	10,0	13,7	11,2	13,3	12,6	
Восковая спелость	9,9	11,1	17,9	13,7	16,8	15,5	0,7
2024 г.							
Цветение	9,6	11,8	13,6	12,6	13,0	13,2	
Молочное состояние	13,4	15,3	18,2	15,9	17,2	16,8	
Восковая спелость	17,1	19,8	23,1	20,2	22,0	21,6	0,6

Таблица 4. Урожай зерна кукурузы в зависимости от режима минерального питания и влагообеспеченности, т/га

Table 4. Corn grain yield depending on mineral nutrition and moisture supply, t/ha

Год	Контроль	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀ (фон)	Фон – Полидон® Био Кукуруза	Фон – Нутривант Плюс Кукуруза	Фон – КомплеМет Кукуруза	Фон – Паверфол (Спидфол) Кукурузный РК – Ультрамаг Комби Кукуруза	НСР ₀₅
2022	2,81	3,00	8,97	5,05	7,17	6,12	0,36
2023	3,71	7,78	8,98	5,57	7,70	6,54	0,44
2024	3,10	4,87	8,32	5,16	7,44	6,32	0,23
В сред- нем	3,19	5,01	8,39	5,29	7,78	6,49	

Выводы. Проведённые исследования подтвердили высокую эффективность применения жидких комплексных органоминеральных удобрений для повышения урожайности кукурузы в условиях Республики Адыгея. Наибольший прирост урожая (до 8,98 т/га) достигнут при комбинированном использовании азотно-фосфорных удобрений (120 кг/га) и оптимальном режиме орошения. Установлено, что в засушливые годы внесение удобрений без дополнительного увлажнения не обеспечивает значительного повышения продуктивности, что подчёркивает важность сбалансированного водного и минерального питания.

Среди изученных удобрений наилучшие результаты показали **Полидон® Био Кукуруза** и **КомплеМет Кукуруза**, которые способствовали увеличению площади листьев, высоты растений и накоплению сухой массы. Практическая значимость работы заключается в разработке агротехнических рекомендаций, позволяющих стабилизировать урожайность на уровне 8–10 т/га даже в неблагоприятных погодных условиях.

Таким образом, для достижения максимальной продуктивности кукурузы в регионе необходимо:

- сочетание оптимальных доз азотных и фосфорных удобрений;
- применение современных жидких комплексных органоминеральных удобрений;
- регулирование влагообеспеченности путём орошения.

Рекомендации производству. На черноземах выщелоченных среднесуглинистых со средним и повышенным содержанием подвижного фосфора и легкогидролизуемого азота для стабильного получения урожая зерна кукурузы на уровне 8–9 т/га необходимо поддерживать влажность корнеобитаемого слоя почвы при внесении минерального удобрения в дозе N₉₀P₉₀K₆₀ (фон) + Полидон® Био Кукуруза. Данные исследования могут быть использованы в сельскохозяйственной практике для повышения рентабельности выращивания кукурузы на выщелоченных чернозёмах Северного Кавказа.

Список литературы

1. Азаренкова А. С. Посевы кукурузы с оптимальной загущенностью // Кукуруза и сорго. 1990. № 2. С. 18–19. EDN: LYMLQD
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Продуктивность кукурузы на зерно в зависимости от плодородия чернозема выщелоченного и нормы удобрения / А. М. Кравцов, А. В. Загоруйко, Н. Н. Кравцова, И. С. Сысенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 85. С. 88–97. DOI: 10.21515/1999-1703-85-88-97. EDN: AUXCHV
4. Каун В. В. Обработка почвы тяжелого механического состава в севооборотах. Майкоп: Адыгейский науч.-исслед. ин-т сельского хоз-ва, 2008. 94 с. ISBN 978-5-91692-004-8

5. Веневцев В. З., Захарова М. Н., Рожкова Л. В. Эффективность применения гербицидов после всходов посевов кукурузы на зерно // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 55–58. DOI: 10.30850/vrtn/2018/4/55-58. EDN: XXGBKH
6. Мамси́ров Н. И., Малич И. Ю., Макаров А. А. Биологизированный кормовой севооборот на слитых черноземах // Экология: вчера, сегодня, завтра: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Махачкала: ООО «АЛЕФ», 2019. С. 293–300. EDN: YOTHLY
7. Тугуз Р. К. Научное обоснование систем и способов обработки слитого чернозема в Республике Адыгея: монография. Майкоп: Изд-во «Магарин О. Г.», 2011. 272 с. EDN: QLCFIR
8. Перфильева Н. И. Сортоиспытание гибридов кукурузы в условиях предгорной зоны КБР // Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. 1997. Т. 2. № 2. С. 180–183.
9. Шогенов Ю. М. Влияние сроков внесения агропиткор на урожай гибридов кукурузы разных сроков созревания // Современный взгляд на развитие АПК: актуальные вопросы, достижения и инновации: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик, 2023. С. 130–135. EDN: HUQDCU
10. Plants – environment bioindicators / I.M. Hanieva, S.A. Bekuzarova, A.L. Boziev [et al.]. Перспективы развития аграрных наук: материалы Международной научно-практической конференции: тезисы докладов. Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. 2020. С. 49–50. EDN: ZHOCJO

References

1. Azarenkova A.S. Corn crops with optimal density. *Maize and sorghum*. 1990;(2):18-19. (In Russ.). EDN: LYMLQD
2. Dospel'khov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
3. Kravtsov A.M., Zagorulko A.V., Kravtsova N.N., Sysenko I.S. Corn productivity for grain depending on fertility of leached chernozem and fertilizer rate. *Proceedings of the Kuban state agrarian university*. 2020. № 85. С. 88–97. (In Russ.). DOI: 10.21515/1999-1703-85-88-97. EDN: AUXCHV
4. Kaun V.V. *Obrabotka pochvy tyazhelogo mekhanicheskogo sostava v sevooborotah* [Cultivation of heavy-textured soil in crop rotations]. Maykop: Adygejskij nauch.-issled. in-t sel'skogo hoz-va, 2008. 94 p. ISBN 978-5-91692-004-8. (In Russ.)
5. Venet'sev V.Z., Zakharova M.N., Rozhkova L.V. Efficiency of herbicides application after sprouts of the maize corn sowing. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2018;(4):55–58. (In Russ.). DOI: 10.30850/vrsn/2018/4/55-58. EDN: XXGBKH
6. Mamsirov N.I., Malich I.Yu., Makarov A.A. Biologized fodder crops on drained black soils. *Ekologiya: vchera, segodnya, zavtra: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Ecology: yesterday, today, tomorrow. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference]. Makhachkala: ООО "АЛЕФ", 2019. Pp. 293–300. (In Russ.). EDN: YOTHLY
7. Tuguz R.K. *Nauchnoe obosnovanie sistem i sposobov obrabotki slitogo chernozema v Respublike Adygeya: monografiya*. [Scientific substantiation of systems and methods of processing drained chernozem in the Republic of Adygea: monograph]. Maykop: Izd-vo "Magarin O.G.", 2011. 272 p. (In Russ.). EDN: QLCFIR
8. Perfil'eva N.I. Variety testing of corn hybrids in the conditions of the foothill zone of the KBR. *Reports of Adyge (Circassian) International academy of sciences*. 1997;2(2):180–183. (In Russ.)
9. Shogenov Yu.M. Influence of the terms of application of agrovitcor on the harvest of corn hybrids of different ripening terms. *Sovremennyj vzglyad na razvitie APK: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovacii: materialy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii* [A modern view on the development of the agro-industrial complex: current issues, achievements and innovations. Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference]. Nalchik, 2023. Pp. 130–135. (In Russ.). EDN: HUQDCU
10. Hanieva I.M., Bekuzarova S.A., Boziev A.L. [et al.]. Plants – environment bioindicators. *Perspektivy razvitiya agrarnykh nauk. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: tezisy dokladov* [Prospects for the Development of Agricultural Sciences. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference: Abstracts of Reports]. Cheboksary: Chuvashskaya gosudarstvennaya sel'skhozaystvennaya akademiya, 2020. Pp. 49–50. EDN: ZHOCJO

Сведения об авторах

Мамси́ров Нурбий Ильясови́ч – доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет», SPIN-код: 1929-9219

Кишев Алим Юрьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2237-8388

Бози́ев Алий Леонидови́ч – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 9543-0766

Жи́ров Дми́трий Алекса́ндрови́ч – аспирант 2 года обучения научной специальности 4.1.1 «Общее земледелие и растениеводство», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»

Information about the authors

Nurbii I. Mamsirov – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Production Technology, Maikop State Technological University, SPIN-code: 1929-9219

Alim Yu. Kishev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2237-8388

Aliy L. Boziev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 9543-0766

Dmitry A. Zhirov – Postgraduate student of the 2nd year of study in scientific specialty 4.1.1 "General agriculture and plant growing", Maikop State Technological University

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 30.04.2025;
одобрена после рецензирования 23.05.2025;
принята к публикации 30.05.2025.*

*The article was submitted 30.04.2025;
approved after reviewing 23.05.2025;
accepted for publication 30.05.2025.*

Научная статья

УДК 633.15:631.8(470.64)

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-15-22

Влияние инновационного комплексного удобрения Микровит Стандарт на формирование урожая кукурузы в предгорной зоне Кабардино-Балкарии

Юрий Мухамедович ШогеновКабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030yshogenov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6453-8059>

Аннотация. Цель исследования – изучение влияния инновационного комплексного удобрения Микровит Стандарт на продуктивность гибрида кукурузы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии. Перед исследователями стояла задача выявления дозы и сроков внесения комплексного удобрения Микровит Стандарт для выращивания кукурузы на зерно. В ходе проведенного в 2022–2024 гг. исследования установлено, что дозы и сроки внесения оказывают влияние на формирование урожая и качество зерна кукурузы. При обработке инновационным комплексным удобрением Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазах 5 и 9 листьев + $N_{30}P_{30}K_{30}$ отмечалась максимальная высота растений (226,2–227,8 см), где прирост высоты растения составил 11,6–12,2%; высота прикрепления початка достигла отметок 68,7–69,2 см, где разница с контролем составляла 8,7–9,2 см, или 14,5–15,3%; длина початка увеличилась до 20,6–20,8 см, что выше контроля на 14,4–15,9%; количество зерен в ряду увеличилось в пределах 31,1–32,3 шт., или на 3,1–4,3%; количество зерен в початке увеличилось с 428,8 до 452 шт., что выше контроля на 35,8–60,0 шт., или на 9,4–15,3%. В полевом эксперименте максимальная урожайность получена при обработке удобрением Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев + $N_{30}P_{30}K_{30}$ (69,7 ц/га), что выше контроля на 24,3 ц/га, или на 53,6%. Наименьшая урожайность (45,4 ц/га) отмечалась в контрольном варианте без применения комплекса Микровит Стандарт и минеральных удобрений.

Ключевые слова: гибрид кукурузы, РОСС 195 МВ, комплексное удобрение, Микровит Стандарт, минеральные удобрения, сроки обработки, урожайность, зерно

Для цитирования: Шогенов Ю. М. Влияние инновационного комплексного удобрения Микровит Стандарт на формирование урожая кукурузы в предгорной зоне Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 15–22. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-15-22

Original article

The influence of complex innovative fertilizer Microvit Standard on the formation of corn crops in the foothill zone of Kabardino-Balkaria

Yuri M. ShogenovKabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia,
360030yshogenov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6453-8059>

Abstract. The aim of the research was to study the effect of the innovative integrated fertilizer Microvit Standard on the productivity of a corn hybrid in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. The researchers were faced with the task of identifying the dose and timing of the application of the integrated fertilizer Microvit Standard for grain cultivation. It was established during the studies conducted in 2022–2024 that the doses and timing of application have an impact on the formation of the yield and quality of corn grain in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic. It was found that when treated with an innovative complex fertilizer, the maximum height of plants in the Standard micronation variants (1.0 l/ha) in phases 5 and 9 of leaves + $N_{30}P_{30}K_{30}$ is 226.2–227.8 cm, where the increase was 11.6–12.2%, and the height of the cob attachment increased to 68.7–69.2 cm, where the difference with the control it was 8.7–9.2 cm or 14.5–15.3%, the length of the cob increased to 20.6–20.8 cm, which is 14.4–15.9% higher than the control, as well as an increase in the number of grains in a row in the range of 31.1–32.3 pcs. or 3.1–4.3 pcs. and the number of grains in the cob increased from 428.8 pcs. up to 452 units, which is higher than the control by 35.8–60.0 units. or 9.4–15.3%. In the field experiment, the maximum yield was obtained in the Microvit Standard (1.0 l/ha) in the 9 leaf phase + $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 69.7 c/ha, which is higher than the control by 24.3 c/ha or 53.6%. The lowest yield 4,54 c/ha was formed in the control variant without the use of Microvit Standard and mineral fertilizers.

Keywords: corn hybrid, ROSS 195 MV, complex fertilizer, Microvit Standard, mineral fertilizers, processing time, yield, grain

For citation: Shogenov Yu.M. The influence of complex innovative fertilizer Microvit Standard on the formation of corn crops in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):15–22. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-15-22

Введение. Как известно, зернопроизводство в мире ориентировано на выращивание как фуражного, так и продовольственного зерна. Лидерство среди зерновых культур занимает кукуруза, во-первых, потому, что она является самой высокоурожайной культурой, и во-вторых – ввиду ее высокой энергетической ценности как корма для сельскохозяйственных животных [1].

Для повышения эффективности производства зерна, а также возможности выращивания промежуточных культур необходимо максимально использовать раннеспелые гибриды кукурузы. Такой опыт применяют в лесостепи Среднего Поволжья [2, 3].

Введение кукурузы в концентрированный корм для скота и птицы благотворно влияет на увеличение привесов, также позволяет сократить сроки откорма скота [4].

Для увеличения продуктивности кукурузы необходимы как микро-, так и макроэлементы. Большинство авторов утверждают: чтобы повысить урожайность кукурузы, следует строго поддерживать необходимый уровень минеральных веществ в рационе питания скота [5–9].

Данную проблему решают комплексные водорастворимые удобрения с микроэлементами, которые существенно обеспечивают

урожайность кукурузы за счет благотворного влияния на биологические, биохимические, физиологические процессы, протекающие в растениях [10–12].

Кукуруза в процессе роста потребляет небольшое количество микроэлементов, и поэтому следует в сжатые сроки внести их в те части растения, в которых они необходимы в критический период. Эта проблема решается путем некорневой подкормки. Исследователи отмечают, что некорневая подкормка ускоряет процесс всасывания и использования жизненно необходимых микроэлементов в 5–20 раз [13–19].

В современных условиях химическая промышленность производит жидкие комплексные удобрения – хелаты, способствующие получению качественного зерна в короткие сроки.

Ввиду того, что сельскохозяйственные культуры имеют различные потребности в удобрениях, химическая промышленность производит широкий спектр комплексных удобрений в различных комбинациях макро- и микроэлементов, таких как Акварин и Азосол 36 Экстра, Микровит Стандарт. Влияние последнего в условиях предгорной зоны КБР изучено недостаточно, что определило цель исследования.

Цель исследования – изучение влияния инновационного комплексного удобрения Микровит Стандарт на продуктивность гибрида кукурузы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии.

Материалы, методы и объекты исследования. Полевые эксперименты велись в 2022–2024 гг. в учебно-производственном комплексе ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова». Опыты закладывались на выщелоченном черноземе.

Опытный участок характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса в пахотном горизонте 3,3%, общий азот 0,28%, емкость поглощения 34,4 мг, эквивалент на 100 грамм почвы, реакция почвенного раствора нейтральная (рН 7). Содержание подвижного фосфора составляет 15,0 мг на 100 г почвы, то есть средняя обеспеченность по Чирикову; обеспеченность обменным калием повышенная (15–18 мг на 100 г почвы) по Чирикову. По механическому составу почва тяжелосуглинистая. Содержание в ней физической глины составляет 57%. Метеорологические условия в годы проведения исследований были благоприятными. Количество осадков было достаточным для хорошей вегетации кукурузы. Температура не превышала среднесезонные данные.

Участок учетной делянки в эксперименте составлял 100 м². Повторность четырехкратная. Расположение рендомизированное (по Б. Доспехову, 1985).

В полевом эксперименте предметом изучения служил гибрид кукурузы РОСС 195 МВ.

В схему включались следующие варианты по исследованию воздействия инновационного комплексного удобрения с микроэлементами – хелата Микровит Стандарт на рост, формирование и урожайность кукурузы:

- 1) контроль (без удобрений);
- 2) N₃₀;
- 3) N₃₀P₃₀K₃₀;
- 4) Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 5 листьев;
- 5) Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев;
- 6) Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 5 листьев + N₃₀;
- 7) Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев + N₃₀;
- 8) Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 5 листьев + N₃₀P₃₀K₃₀;

9) Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев + N₃₀P₃₀K₃₀.

Все предусмотренные программой наблюдения и анализы выполнены по соответствующим ГОСТам и методикам, принятым в научных учреждениях.

Результаты исследования. В эксперименте с комплексным удобрением Микровит Стандарт была установлена положительная реакция на обработку листьев (табл. 1).

Микровит Стандарт оказал существенное влияние на всех вариантах, где его вносили на посевах кукурузы. В фазе 5–6 листьев площадь листьев на контроле составляла 0,6 тыс. м²/га, тогда как на удобренных N₃₀ и N₃₀P₃₀K₃₀ вариантах площадь листьев возрастала до 0,63–0,65 тыс. м²/га; после обработки удобрением Микровит в фазах 5 и 9 листьев (1,0 л/га) площадь листьев составила 0,66–0,67 тыс. м²/га; после внесения N₃₀P₃₀K₃₀ увеличилась до 0,69–0,7 тыс. м²/га. При прохождении фазы 7–8 листьев на удобренных Микровитом (1,0 л/га) вариантах на фазах 5 и 9 листьев площадь листьев составила 19,8–20,93 тыс. м²/га; в фазе цветения метелки прирост листовой площади достиг наивысшей отметки (35,19–37,21 тыс. м²/га) и составил 1,56–5,21 тыс. м²/га, или 4,9–16,3%. Затем площадь листьев снижалась до 32,99–34,88 тыс. м²/га, где разница с контролем составила 2,99–4,88 тыс. м²/га, или 10,0–16,3%.

Таким образом, внесение минеральных удобрений совместно с комплексным удобрением Микровит Стандарт позволило повысить листовую поверхность на 15,3–16,3%.

Анализ структуры урожая, высоты растений и прикрепления верхнего початка выявил существенное влияние комплексного удобрения Микровит Стандарт на все показатели изучаемого гибрида РОСС 195 МВ.

Так, высота растений на контроле (без удобрений) составляла 200 см; после внесения минерального удобрения в дозе N₃₀ и N₃₀P₃₀K₃₀ высота увеличилась на 8,4–13,4 см, или на 4,0–6,3%.

Обработка листьев кукурузы комплексным удобрением Микровит Стандарт в фазах 5 и 9 листьев позволила резко повысить рост растений на 17,0–20,0 см, или на 7,9–9,1%, тогда как при обработке комплексом Микровит Стандарт + N₃₀ в этих же фазах рост достигал 22,4–24,4 см.

Таблица 1. Рост листовой площади кукурузы в фазах вегетации под влиянием комплексного удобрения Микровит Стандарт, тыс. м²/га (среднее 2022–2024 гг.)

Table 1. Growth of corn leaf area by vegetation phases depending on the complex fertilizer Microvit Standard, thousand m²/ha (average 2022–2024)

Площадь листьев, тыс. м ² /га	Контроль (без удобрений) (К)	N ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 5 листьев	Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев	Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 5 листьев + N ₃₀	Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев + N ₃₀	Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 5 листьев + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
5–6 листьев	0,60	0,63	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,69	0,70
Разница с К		0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10
%		5,0	8,3	10,0	11,7	13,3	15,0	15,0	16,7
7–8 листьев	18,0	18,9	19,4	19,8	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9
Разница с К		0,9	1,4	1,8	2,1	2,4	2,6	2,8	2,9
%		4,9	7,8	10,0	11,7	13,1	14,3	15,3	16,3
9–10 листьев	25,0	26,2	27,0	27,5	27,9	28,3	28,6	28,8	29,1
Разница с К		1,2	2,0	2,5	2,9	3,3	3,6	3,8	4,1
%		4,9	7,8	10,0	11,7	13,1	14,3	15,3	16,3
Цветение метелки	32,0	33,6	34,5	35,2	35,7	36,2	36,6	36,9	37,2
Разница с К		1,6	2,5	3,2	3,7	4,2	4,6	4,9	5,2
%		4,9	7,8	10,0	11,7	13,1	14,3	15,3	16,3
Молочно-восковая спелость	30,0	31,5	32,4	33,0	33,5	33,9	34,3	34,6	34,9
Разница с К		1,5	2,4	3,0	3,5	3,9	4,3	4,6	4,9
%		4,9	7,8	10,0	11,7	13,1	14,3	15,3	16,3

Нужно отметить, что максимальная высота получена после внесения хелата Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазах 5 и 9 листьев + N₃₀P₃₀K₃₀, где высота растений достигла биологического предела данного гибрида кукурузы (226,2–227,8 см), а прирост составил 11,6–12,2%.

Высота прикрепления верхнего початка является одним из главных признаков, на который необходимо обратить особое внимание. На контроле высота прикрепления початка находилась на уровне 60 см, тогда как после обработки комплексным удобрением Микровит Стандарт (1 л/га) на фазах 5 и 9 листьев в комбинации с дозой N₃₀P₃₀K₃₀ высота достигала отметок 68,7–69,2 см, где разница с контролем составляла 8,7–9,2 см, или 14,5–15,3%.

Длина початка также реагировала на обработку листьев кукурузы. На контроле длина початка составляла 18 см; после внесения минеральных удобрений увеличилась на 0,8–1,3 см, или на 4,4–7,2%. Обработка листьев удобрением Микровит Стандарт в фазах 5 и 9 листьев + N₃₀P₃₀K₃₀ повысила показатели до 20,6–20,8 см, что выше контроля на 14,4–15,9%.

Диаметр початка и количество рядов в початке оставались на контрольном варианте, тогда как количество зерен положительно реагировало на обработку листьев в фазах 5 и 9 листьев. На контрольном варианте количество зерен в ряду составляло 28 шт., после внесения минеральных удобрений количество достигло 29,3–30,1 шт. После обработки комплексом удобрений отмечался рост количест-

ва зерен в ряду в пределах 31,1–32,3 шт., или на 3,1–4,3% (табл. 2).

Таким образом, в сравнении с контролем (393 шт.) при обработке кукурузы в фазах

5 и 9 листьев наблюдается увеличение с 428,8 до 452 шт., что выше контроля на 35,8–60,0 шт., или на 9,4–15,3%.

Таблица 2. Структура урожая гибрида кукурузы после обработки комплексным удобрением Микровит Стандарт (среднее 2022–2024 гг.)

Table 2. The structure of the corn hybrid crop after treatment with the complex fertilizer Microvit Standard (average 2022–2024)

Показатели	Контроль (без удобрений) (К)	N ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Микровит стандарт (1,0 л/га) в фазе 5 листьев	Микровит стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев	Микровит стандарт (1,0 л/га) в фазе 5 листьев + N ₃₀	Микровит стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев + N ₃₀	Микровит стандарт (1,0 л/га) в фазе 5 листьев + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Микровит стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
Высота растений, см	200	208,4	213,4	217,1	220	222,4	224,4	226,2	227,8
Разница с К, см		8,4	13,4	17,1	20	22,4	24,4	26,2	27,8
%		4,0	6,3	7,9	9,1	10,1	10,9	11,6	12,2
Высота прикрепления верхнего початка	60	62,8	64,4	65,6	66,6	67,4	68,1	68,7	69,2
Разница с К, см		2,8	4,4	5,6	6,6	7,4	8,1	8,7	9,2
%		4,7	7,3	9,3	11,0	12,3	13,5	14,5	15,3
Длина початка, см	18	18,8	19,3	19,7	20	20,2	20,4	20,6	20,8
Разница с К, см		0,8	1,3	1,7	2	2,2	2,4	2,6	2,8
%		4,4	7,2	9,4	11,1	12,2	13,3	14,4	15,6
Диаметр початка, см	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Количество рядов в початке, шт.	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Количество зерен в ряду, шт.	28	29,3	30,1	30,6	31,1	31,4	31,8	32	32,3
Разница с К, шт.		1,3	2,1	2,6	3,1	3,4	3,8	4	4,3
%		4,6	7,5	9,3	11,1	12,1	13,6	14,3	15,4
Количество зерен в початке, шт.	392	410	420,9	428,8	435,1	440,3	444,7	448,5	452
Разница с К, шт.		18	28,9	36,8	43,1	48,3	52,7	56,5	60
%		4,6	7,4	9,4	11,0	12,3	13,4	14,4	15,3

Урожайность является самым главным параметром в исследованиях, по которому можно судить об эффективности того или иного агроприема.

На контрольном варианте урожайность составляла 45,4 ц/га, после внесения минеральных удобрений наблюдался рост урожая зерна на 6,6–10,9 ц/га. После обработки ком-

плексным удобрением Микровит Стандарт урожайность повысилась до 59,5–69,7 ц/га, что выше контроля на 14,1–24,3 ц/га, или на 31,1–53,6%.

Таким образом, обработка листовой поверхности посевов гибрида кукурузы РОСС 195 МВ позволила увеличить в 1,5–1,153 раза урожай зерна (табл. 3).

Таблица 3. Влияние комплексного удобрения Микровит Стандарт на урожайность гибрида кукурузы РОСС 195 МВ, ц/га (среднее 2022–2024 гг.)

Table 3. Yield of the ROSS 195 MV corn hybrid per grain depending on the use of the complex fertilizer Microvit Standard, c/ha (average 2022–2024)

Варианты	Повторности				Средняя урожайность, ц/га	Разница с контролем, ц/га	Разница с контролем, %
	1	2	3	4			
Контроль (без удобрений) (К)	46,3	44,6	42,6	48,1	45,4		
N ₃₀	48,8	55,0	51,5	52,7	52,0	6,6	14,5
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	55,2	57,2	54,0	58,7	56,3	10,9	23,9
Микровит стандарт (1,0 л/га) в фазе 5 листьев	57,1	60,6	59,8	60,5	59,5	14,1	31,1
Микровит стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев	61,8	65,6	64,7	65,4	62,2	16,8	37,0
Микровит стандарт (1,0 л/га) в фазе 5 листьев + N ₃₀	67,7	65,3	62,3	70,4	64,4	19,0	41,9
Микровит стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев + N ₃₀	67,7	65,3	62,3	70,4	66,4	21,0	46,3
Микровит стандарт (1,0 л/га) в фазе 5 листьев + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	64,0	72,2	67,5	69,1	68,2	22,8	50,1
Микровит стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	71,0	68,5	65,4	73,9	69,7	24,3	53,6

НСР₀₅ = 2,95 ц/га Ошибка опыта = 1,67 %

Выводы. В ходе изучения реакции ранне-спелого гибрида кукурузы РОСС 195 МВ на обработку внекорневым способом комплексным удобрением Микровит Стандарт в предгорной зоне Кабардино-Балкарии сделаны следующие выводы:

1) при фолиарной обработке кукурузы инновационным комплексным удобрением Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазах 5 и 9 листьев + N₃₀P₃₀K₃₀ отмечается максимальная высота растений (226,2–227,8 см), где прирост составил 11,6–12,2%; высота прикрепления початка увеличилась до отметок 68,7–69,2 см, где разница с контролем составила 8,7–9,2 см, или 14,5–15,3%; длина по-

чатка увеличилась до 20,6–20,8 см, что выше контроля на 14,4–15,9%; количество зерен в ряду увеличилось в пределах 31,1–32,3 шт., или на 3,1–4,3%; количество зерен в початке увеличилось с 428,8 до 452 шт., что выше контроля на 35,8–60,0 шт., или на 9,4–15,3%;

2) максимальная урожайность в среднем по повторностям получена после обработки комплексом Микровит Стандарт (1,0 л/га) в фазе 9 листьев + N₃₀P₃₀K₃₀ (69,7 ц/га), что выше контроля на 24,3 ц/га, или на 53,6%; наименьшая урожайность наблюдалась в контрольном варианте без применения хелата Микровит Стандарт и минеральных удобрений (45,4 ц/га).

Список литературы

1. Дроздова В. В., Редина Н. Е. Влияние норм и сочетаний минеральных удобрений на урожайность кукурузы и агрохимические показатели плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 121(07). С. 1732–1748. DOI: 10.21515/1990-4665-121-107. EDN: WWSLLF
2. Волков А. И., Кириллов Н. А., Прохорова Л. Н. Продуктивность раннеспелых гибридов кукурузы в условиях Чувашии // Кормопроизводство. 2014. № 5. С. 36–37. EDN: SDKHNN

3. Панфилова О. Н., Чугунова Е. В., Дерунова С. Н. Новые раннеспелые и среднеранние гибриды кукурузы для выращивания на зерно в условиях Нижнего и Среднего Поволжья // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: сб. материалов Международной научно-практической конференции. Составители Н. А. Щербак, А. П. Селиверстова. Солёное Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2018. С. 119–124. EDN: VPAFQQ
4. Макарец Н. Г. Кормление сельскохозяйственных животных: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. Калуга: Ноосфера, 2012. 640 с. EDN: QLCYSX
5. Моисеев А.А., Ивойлов А.В., Сидоров А.В., Власов П.Н. Эффективность удобрений при возделывании кукурузы на зерно в условиях Южного Нечерноземья: монография. Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, 2018. 172 с. ISBN 978-5-7103-3589-5. EDN: ZADLZJ.
6. Никитин В. В., Навальнев В. В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность и качество кукурузы // Кукуруза и сорго. 2016. № 1. С. 32–35. EDN: TXQTQR
7. Сотченко В. С., Багринцева В. Н. Технология возделывания кукурузы // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № S2. С. 79–84. EDN: TSLIKX
8. Гайсин И. А., Сагитова Р. Н., Хабибуллин Р. Р. Микроудобрения в современном земледелии // Агрохимический вестник. 2010. № 4. С. 13–14. EDN: MUREMT
9. Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования / Е. Ю. Гейгер, Л. Д. Варламова, В. В. Семенов [и др.] // Агрохимический вестник. 2017. № 2. С. 29–32. EDN: YKJGAR
10. Дериглазова Г. М., Митрохина О. А., Боева Н. Н. Значение некорневой обработки отдельными микроэлементами и комплексными удобрениями посевов зерновых культур // Агрохимия. 2010. № 4. С. 45–47. EDN: QBUFIT
11. Сидельников Н. И., Тхаганов Р. Р., Хазиева Ф. М. Особенности применения микроудобрений на лекарственных культурах // Агрохимический вестник. 2018. № 6. С. 57–60. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10063. EDN: YPLFNR
12. Титов Е. М., Внукова М. А. Применение водорастворимых комплексных удобрений на посевах яровой пшеницы // Вестник ОрелГАУ. 2011. № 3. С. 50–51. EDN: PONLSN
13. Катамылов М. Б. Микроудобрения: справочная книга по химизации сельского хозяйства. Москва: Колос, 1980. С. 149–158.
14. Панасин В. Н., Рымаренко Д. А. Изучение новых микроудобрений для подкормки озимой пшеницы // Агрохимический вестник. 2013. № 2 С. 5–6. EDN: RDUQPX
15. Труфанова А. А., Сорокина О. А. Действие удобрений при некорневых подкормках и внутрипочвенном внесении на урожайность яровой пшеницы и химический состав зерна // Вестник КрасГАУ. 2013. № 5. С. 108–113. EDN: QAOQET
16. Топалова З. Х., Шогенов Ю. М., Шибзухов З. С. Продуктивность сахарной кукурузы в зависимости от сроков внесения ЖКУ в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 3(35). С. 82–86. EDN: YLLCJN
17. Топалова З. Х., Шогенов Ю. М., Шибзухов З. С. Урожайность початков сахарной кукурузы в зависимости от доз агропитательных и флавобактерина в Кабардино-Балкарской республике // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 1 (37). С. 121–125. EDN: UVKXRK
18. Ханиева И. М., Шибзухов З. С., Шогенов Ю. М. Влияние сортовых особенностей и сроков посева на урожайность сахарной кукурузы в Кабардино-Балкарии // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 2(34). С. 102–108. EDN: XTXLGX
19. Шеуджен А. Х., Хурум Х. Д., Бондарева Т. Н. Физиологическая роль микроэлементов в растениях // Удобрения и урожай: материалы региональной научно-практической конференции. (г. Краснодар, 8–10 декабрь 2004 г.). / под ред. проф. А. Х. Шеуджена. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. С. 30–31.

References

1. Drozdova V.V., Redina N.E. Influence of rates and combinations of mineral fertilizers on yield of corn and agrochemical characteristics of fertility of the leached chernozem of Western Fore-Caucasus. *Scientific Journal of KubSAU*. 2016;121(07):1732–1748. (In Russ.). DOI: 10.21515/1990-4665-121-107. EDN: WWSLLF
2. Volkov A.I., Kirillov N.A., Prokhorova L.N. Productivity of early-ripe maize hybrids in Chuvashia. *Fudder journal*. 2014;(5):36–37. (In Russ.). EDN: SDKHNN
3. Panfilova O.N., Chugunova E.V., Derunova S.N. New early-ripening and mid-early hybrids of corn for growing for grain in the conditions of the Lower and Middle Volga region. *Itogi i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: sb. materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Sostaviteli N.A. Shcherbakova, A.P. Seliverstova*. [Results and prospects for the development of the agro-industrial complex: collection of materials of the International scientific and practical conference. Authors

N.A. Shcherbakova, A.P. Seliverstova]. Solenoe Zaimishche: Prikaspijskij nauchno-issledovatel'skij institut aridnogo zemledeliya, 2018. Pp. 119–124. EDN: VPAFQQ

4. Makartsev N.G. *Kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh: uchebnik dlya vuzov. 3-e izd., pererab. i dop* [Feeding of farm animals: textbook for universities. 3rd ed., revised and enlarged]. Kaluga: Noosfera, 2012. 640 p. EDN: QLCYSX

5. Moiseev A.A., Ivoylov A.V., Sidorov A.V., Vlasov P.N. Efficiency of fertilizers in the cultivation of grain corn in the conditions of the Southern Non-Black Earth Region: monograph. Saransk: Nacional'nyj issledovatel'skij Mordovskij gosudarstvennyj universitet im. N. P. Ogareva, 2018. 172 p. ISBN 978-5-7103-3589-5. EDN: ZADLZJ.

6. Nikitin V.V., Navalnev V.V. The influence of long application of fertilizers on productivity and quality of maize. *Maize and sorghum*. 2016;(1):32–35. EDN: TXQTQR

7. Sotchenko V.S., Bagrintseva V.N. Technology of corn cultivation. *Agricultural Bulletin of Stavropol region*. 2015;(S2):79–84. EDN: TSLIKX

8. Gaysin I.A., Sagitova R.N., Khabibullin R.R. Microfertilizers at modern agriculture. *Agrochem herald*. 2010;(4):13–14. EDN: MUREMT

9. Geiger E.Yu., Varlamova L.D., Semenov V.V. Chelated microfertilizers: experience and prospects of use. *Agrochem herald*. 2017(2):29–32. EDN: YKJTAR

10. Deriglazova G.M., Mitrokhina O.A., Boeva N.N. The Importance of Foliar Treatment of Grain Crops with Individual Microelements and Complex Fertilizers. *Agricultural Chemistry*. 2010;(4):45–47. EDN: QBUFIT

11. Sidel'nikov N.I., Tkhanov R.R., Khazieva F.M. Particularities of microfertilizers application for medicinal plants. *Agrochem herald*. 2018;(6):57–60. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10063. EDN: YPLFNR

12. Titov E.M., Vnukova M.A. Application of water-soluble complex fertilizers on spring wheat crops. *Vestnik OrelGAU*. 2011. No. 3. P. 50–51. EDN: PONLSN

13. Katalymov M.B. *Mikroudobreniya: spravochnaya kniga po himizacii sel'skogo hozyajstva* [Microfertilizers: a reference book on chemicalization of agriculture]. Moscow: Kolos, 1980. P. 149–158.

14. Panasin V.I., Rymarenko D.A. Research of new microfertilizers for top-dressing of winter wheat. *Agrochem herald*. 2013;(2):5–6. EDN: RDUQPX

15. Trufanova A.A., Sorokina O.A. Fertilizer effect of non-root additional fertilizers and intra soil introduction on spring wheat productivity and the grain chemical composition. *The Bulletin of KrasGAU*. 2013;(5):108–113. EDN: QAOQET

16. Topalova Z.Kh., Shogenov Yu.M., Shibzukhov Z.S. Productivity of sweet corn depending on the timing of application of liquid fertilizers in the conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2018;3(35):82–86. EDN: YLLCJN

17. Topalova Z.Kh., Shogenov Yu.M., Shibzukhov Z.S. Yield of sweet corn cobs depending on doses of agrovitcor and flavobacterin in the Kabardino-Balkarian Republic. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2019;1(37):121–125. EDN: UVKXRX

18. Khanieva I.M., Shibzukhov Z.S., Shogenov Yu.M. The influence of varietal characteristics and sowing dates on the yield of sweet corn in Kabardino-Balkaria. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2018;2(34):102–108. EDN: XTXLGX

19. Sheudzhen A.Kh., Khurum Kh.D., Bondareva T.N. Physiological role of microelements in plants. *Materialy regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii «Udobreniya i urozhaj». (g. Krasnodar, 8–10 dekabr' 2004 g.). Pod red. prof. A.H. Sheudzhena*. [Proceedings of the regional scientific and practical conference "Fertilizers and harvest". (Krasnodar, December 8–10, 2004). Ed. by prof. A.Kh. Sheudzhen]. Maykop: GURIPP "Adygeya", 2005., Pp. 30–31. (In Russ.)

Сведения об авторе

Шогенов Юрий Мухамедович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5840–7710

Information about the author

Yuri M. Shogenov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5840-7710

Статья поступила в редакцию 30.04.2025;
одобрена после рецензирования 20.05.2025;
принята к публикации 28.05.2025.

The article was submitted 30.04.2025;
approved after reviewing 20.05.2025;
accepted for publication 28.05.2025.

Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика
Land reclamation, water management and agrophysics

Научная статья

УДК 633.2.03:636.084.752(470.64)

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-23-29

**Повышение эффективности водопойных пунктов на высокогорных
пастбищах в Кабардино-Балкарской Республике**

Афрасим Баширович Балкизов¹, Анатолий Сергеевич Сасиков²,

Батыр Хаширович Амшоков^{✉3}

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

¹afrasim_1960@mail.ru

²rufus1972@mail.ru

^{✉3}ambat72@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9185-2092>

Аннотация. Устройство пастбищ на сегодняшний день имеет огромное сельскохозяйственное значение для животных. В данной статье рассматриваются различные водопойные пункты на пастбищах в зависимости от рельефа местности. Целью исследования является повышение эффективности использования водопойных пунктов на высокогорных пастбищах Кабардино-Балкарской Республики. Основным элементом такого пункта является водопойное корыто, параметры которого определяются необходимостью экономного расходования материалов, зоотехническими и эксплуатационными требованиями. Что касается профиля, то наиболее рациональны в эксплуатации, как показывает практика, водопойные корыта полукруглого сечения. Как показали натурные исследования, водопойные корыта устанавливают с постоянным уклоном по всей длине в одну сторону. Коэффициент использования их объема весьма низок. Так, корыто из распиленных вдоль асбестоцементных труб с условным диаметром 500 мм и длиной 40 м при уклоне дна ($i=0,005$) характеризуется коэффициентом использования их объема, равным 0,45. При меньшем уклоне дна корыта плохо опорожняются после водопоя и быстро загрязняются. Кроме того, из них плохо сбрасываются атмосферные осадки, которые иногда накапливаются и при отрицательных температурах замерзают. Преимуществами разработанного водопойного пункта являются высокий коэффициент использования объема водопойного корыта (0,92–0,96), одновременное наполнение корыта по длине, автоматический и быстрый сброс воды после окончания водопоя, большой уклон секций ($i=0,01$), обеспечивающий условия для смыва наносов потоком сбрасываемой воды.

Ключевые слова: водопойный пункт, атмосферные осадки, рельеф местности, эксплуатация, водоподводящие трубопроводы, водосбросной колодец

Для цитирования: Балкизов А. Б., Сасиков А. С., Амшоков Б. Х. Повышение эффективности водопойных пунктов на высокогорных пастбищах в Кабардино-Балкарской Республике // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 23–29. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-23-29

Original article

Improving the efficiency of high-altitude pasture watering points in Kabardino-Balkarian Republic

Afrasim B. Balkizov¹, Anatoly S. Sasikov², Batyr Kh. Amshokov^{✉3}

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

¹afrasim_1960@mail.ru

²rufus1972@mail.ru

^{✉3}ambat72@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9185-2092>

Abstract. The organization of pastures today plays a huge agricultural role for animals. This article discusses various watering points on pastures, depending on the terrain. The aim of the study is to increase the efficiency of using watering points in the high-altitude pastures of the Kabardino-Balkarian Republic. The main element of such a point is a watering trough, the parameters of which are determined by the need for economical consumption of materials, zootechnical and operational requirements. As for the profile, as practice shows, semi-circular watering troughs are the most efficient in operation. Field studies have shown that watering troughs are installed with a constant slope along their entire length in one direction. The utilization rate of their volume is very low. Thus, a trough made of asbestos-cement pipes sawn along with a nominal diameter of 500 mm and a length of 40 m with a bottom slope of $i=0.005$ is characterized by a volume utilization factor of 0.45. With a lower slope of the bottom, the troughs are poorly emptied after watering and quickly become polluted. In addition, precipitation is poorly discharged from them, which sometimes accumulates and freezes at subzero temperatures. The advantages of the developed watering point are a high utilization rate of the trough volume (0.92–0.96), simultaneous filling of the trough along the length, automatic and rapid discharge of water after the end of watering, a large slope of sections ($i=0.01$), providing conditions for sediment flushing by the flow of discharged water.

Keywords: watering station, atmospheric precipitation, terrain, operation, water supply pipelines, water spillway

For citation: Balkizov A.B., Sasikov A.S., Amshokov B.Kh. Improving the efficiency of high-altitude pasture watering points in Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;2(48):23–29. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-23-29

Введение. Пастбища можно использовать с наибольшим эффектом для развития отгонного животноводства только при наличии достаточного количества воды. В силу этого проблема обеспечения водой потребителей была и остается самой важной, причем капитальные вложения, направленные на обводнение и освоение пастбищ, окупаются в два раза быстрее, чем в других отраслях сельского хозяйства [1, 2].

Недостатком существующих водопойных пунктов является и то, что для наполнения водопойного корыта при подаче воды с головного участка требуется значительное время. А одновременное заполнение корыта по длине вызывает волнение и беспорядок в поведении животных у водопоя [3, 4].

Цель исследования – повышение эффективности использования водопойных пунктов на высокогорных пастбищах КБР с обоснованием ресурсосберегающих параметров и режимов работы технических средств механизированного водоснабжения пастбищного животноводства.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом исследования были выбраны водопойные пункты на горных пастбищах Хаймаши и Аурсентх в Кабардино-Балкарской Республике (КБР). Методы исследования – натурные исследования на горных пастбищах для изучения подачи воды в водопойные корыта одновременно из нескольких водовыпусков. Отличительной особенностью водопойного корыта является

неодновременное заполнение по длине, так как продольный профиль его имеет вид ломаной линии, в понижениях которой вмонтированы патрубки, сообщающиеся с расположенным наклонно водоотводящим трубопроводом [5].

Результаты исследования. Водопойное корыто выполнено из распиленных по диаметру асбестоцементных труб 5, соединенных между собой полумуфтами 3. Торцы корыта закрываются полукруглыми дисками 1 (рис. 1). Стыковые соединения уплотнены резиновыми кольцами 6. Установленные под углом друг к другу секции водопойного корыта образуют в вертикальной плоскости впадины и выступы. Опоры 12 и 2 снабжены ушками 7, служащими для крепления секции при помощи стяжных болтов 4. Через отверстия в опорах 2 и полумуфтах 3 во впадины корыта пропущены верхние концы стояков 10 водоподводящего трубопровода 11, связанного с накопительным резервуаром. Нижний конец водоподводящего трубопровода 11 расположен внутри водосбросного колодца 8 и присоединен к устройству сброса воды 9, обеспечивающему автоматическое опорожнение водопойного корыта по окончании водопоя [6].

Устройство сброса воды 9 выполнено в виде цилиндра, соединенного сверху со стояком, а снизу – с приводной емкостью, имеющей отверстия для выпуска воздуха и сброса воды [7, 8].

Цилиндрический корпус 1 сбросного устройства (рис. 2) имеет на дне водосбросное отверстие 5. В полости корпуса 1 размещен водосбросной клапан 4, жестко связанный с патрубком 11. В нижней части последнего имеются уравнильные окна 9 и направляющие пластины 10. Патрубок 11 связан с приводной емкостью 7, размещенной вне корпуса и снабженной воздуховыпускным 6 и водосбросным 8 отверстиями. Верхний конец патрубка 11 связан гофрированным элементом 12 с поплавковым клапаном 3, который при всплытии упирается в диск 13, смонтированный на направляющих стойках 2. Все элементы сбросного устройства подвешены при помощи ушка 14, пружины 15 и троса 18 к крышке 16 стояка 17, чем обеспечивается возможность его возвратно-поступательного движения [9].

При поступлении воды в корпус 1 часть ее перетекает через поплавковый клапан 3 и гоф-

рированный элемент 12 в емкость привода 7. Последняя под действием массы воды опускается вниз. Водосбросной клапан 4 закрывает водосбросное отверстие 5, и сброс воды из корпуса 1 прекращается. При наполнении корпуса 1 поплавковый клапан 3 всплывает, закрывается диском 13, и поступление воды в емкость привода 7 прекращается [10].

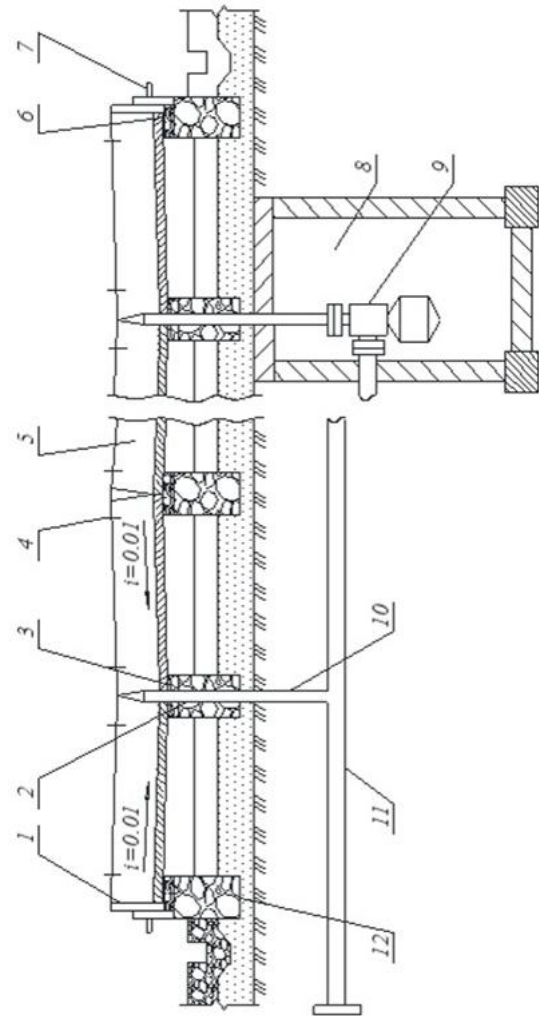


Рисунок 1. Водопойный пункт
Figure 1. Watering point

После закрытия водосбросного клапана 11 вода в водопойное корыто поступает через стояк 17.

С опорожнением емкости привода 7 водосбросной клапан 4 под действием пружины 15 открывается, и вода сбрасывается из трубопровода и корыта в водосбросной колодец. При опорожнении корпуса 1 поплавковый клапан 3 под действием собственной массы опускается вниз, сжимая гофрированный элемент 12.

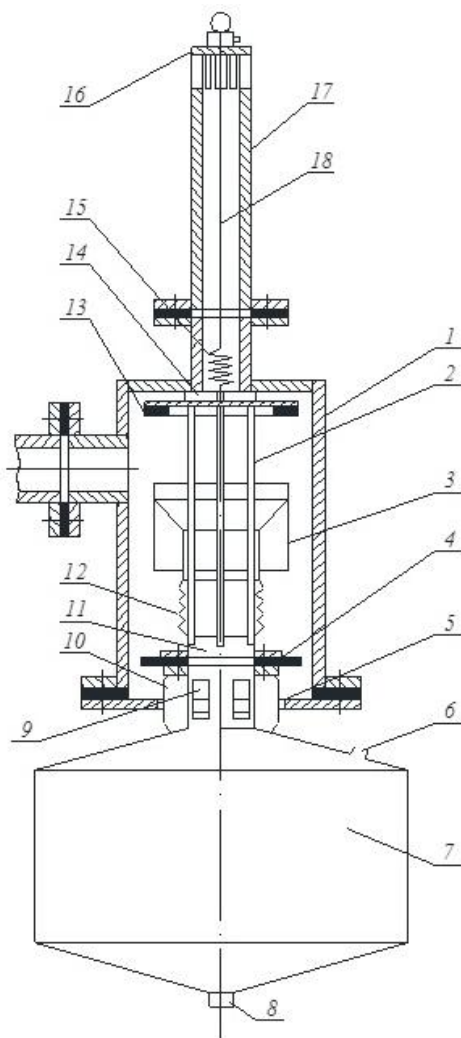


Рисунок 2. Устройство сброса воды
Figure 2. Water discharge device

В периоды, когда водопойный пункт не работает, водосбросной клапан 4 открыт, поэтому накопление и замерзание атмосферных осадков в водопойном корыте исключаются [11].

Водопроводящий трубопровод прокладывается под водопойным корытом на определенной глубине с уклоном $i=0,01$ и снабжается стояками различной длины. Число стояков определяется числом впадин в корыте, а длина – глубиной прокладки водопроводящего трубопровода.

Подача воды в водопойное корыто и сброс остатка ее по окончании водопоя производятся через стояки самотеком. Вода из водосбросного колодца отводится в ложбины или фильтруется в грунт через дно [12–15].

Выводы. Основными результатами исследований являются повышение эффективности использования водопойных пунктов (коэффициент использования объема водопойного корыта 0,92–0,96), одновременное наполнение корыта по длине, быстрый и автоматический сброс воды после окончания водопоя, большой уклон секций ($i=0,01$), обеспечивающий условия для смыва наносов потоком сбрасываемой воды.

Результаты испытаний подтвердили надежность работы водопойного пункта, полное опорожнение водопойного корыта и трубопровода сразу после окончания водопоя.

Список литературы

1. Хонина О. В. Современное состояние естественных кормовых угодий Ставрополя и способы их улучшения // Новости науки в АПК. 2019. № 3 (12). С. 477–481. DOI: 10.25930/2218-855X/120.3.12.2019. EDN: IJKDVU
2. Анализ деградации пастбищ по данным дистанционного зондирования земли / Ф. В. Ерошенко, С. А. Барталев, Н. Г. Лапенко [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: сборник тезисов докладов XVI Всероссийской открытой конференции. Москва: Институт космических исследований РАН, 2018. С. 404. EDN: YSSSTB
3. Lapenko N.G., Godunova E.I., Dudchenko L.V. [et al.]. Current state and ways to save the steppe ecosystems of Stavropol // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 3. С. 6329–6336. DOI: 10.5281/zenodo.2604260. EDN: VWHLG
4. Рыбашлыкова Л. П., Беляев А. И., Пугачёва А. М. Мониторинг сукцессионных изменений пастбищных фитоценозов в «потухших» очагах дефляции Северо-Западного Прикаспия // Юг России: экология, развитие. 2019. Том 14. № 4. С. 78–85. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-78-85. EDN: JVPGD
5. Влияние режимов скашивания на продуктивность и питательную ценность многолетних травостоев / Л. П. Евстратова, Г. В. Евсеева, С. Н. Смирнов, А. И. Камова // Кормопроизводство. 2019. № 6. С. 18–22. EDN: PEPDRA
6. Пещанская Е. В., Кожевников В. И. К вопросу об урожайности восстановленных лугово-степных формаций // Кормопроизводство. 2019. № 11. С. 12–16. EDN: ZHNETU

7. Гречушкина-Сухорукова Л. А. Дернообразующие злаки в Центральном Предкавказье: экология, интродукция, использование в озеленении: монография. Ставрополь: Изд-во ООО «Бюро новостей», 2019. 536 с. EDN: RZGSDF
8. Глухих М. А. Землеустройство с основами геодезии: учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 168 с.
9. Малышева А. В., Козина Л. Н. О проблемах сельского водоснабжения и путях их решения // Вестник НГИЭИ. 2015. № 6 (49). С. 60–67. EDN: UBIOQZ
10. Матюшенко А. И., Пазенко Т. Я., Курилина Т. А. Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение территорий: учебное пособие / Сибирский федеральный университет, Инженерно-строительный институт, 2023. 151 с. Текст: электронный.
11. Трутнев Н. В., Машкарева И. П., Трутнев М. А. Водоснабжение, поение животных, микроклимат на фермах и стрижка овец: учеб. пособие / под ред. Н. В. Трутнева. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2017. 116 с. EDN: ZGTADB
12. Кубашева Ж. К. Технология водоснабжения животноводства из пастбищных колодезкопаней. Уральск: ЗКАТУ имени Жангир хана, 2022. 105 с. ISBN 978-601-319-326-7. EDN: IJONRN
13. Мурусидзе Д. Н. Легеза В. Н., Филонов Р. Ф. Технологии производства продукции животноводства: учебное пособие для академического бакалавриата. Москва: Изд-во Юрайт, 2019. 417 с. ISBN 978-5-534-11097-5
14. Принципы организации водопойных пунктов на пастбищах / А. С. Сасиков, А. Б. Балкизов, Б. Х. Амшонов [и др.] // Энергоресурсосбережение и энергоэффективность: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. науч. тр. II Международной научно-практической конференции. Нальчик, 2023. С. 235–239. EDN: ECQNAS
15. Полив по бороздам на склоновых землях / А. С. Сасиков, А. Б. Балкизов, В. А. Балкизов, Т. А. Сасиков // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность. Материалы VIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея профессора Б.Х. Фиашева. Нальчик, 2022. С. 163–165. EDN: ILFTJL

References

1. Khonina O.V. Modern condition of natural fodder lands of the Stavropol region and ways of their improvement. *Novosti nauki v APK*. 2019;3(12):477–481. (In Russ.). DOI: 10.25930/2218-855X/120.3.12.2019. EDN: IJKDVU
2. Eroshenko F.V., Bartalev S.A., Lapenko N.G. [et al.]. Analysis of pasture degradation based on remote sensing data. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa: sbornik tezisev dokladov 16 Vserossijskoj otkrytoj konferencii*. [Modern problems of remote sensing of the Earth from space: collection of abstracts of reports of the 16th All-Russian open conference]. Moscow: Institut kosmicheskikh issledovanij RAN, 2018. P. 404. (In Russ.). EDN: YSSSTB
3. Lapenko N.G., Godunova E.I., Dudchenko L.V. [et al.]. Current state and ways to save the steppe ecosystems of Stavropol. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2019;6(3):6329–6336. DOI: 10.5281/zenodo.2604260. EDN: VWWHLG
4. Rybashlykova L.P., Belyaev A.I., Pugacheva A.M. Monitoring successional changes in pasture phytocenoses in «exhausted» areas of deflation in the North-West Caspian Region. *South of Russia: ecology, development*. 2019;14(4):78–85. (In Russ.). DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-78-85. EDN: JVPGD
5. Evstratova L.P., Evseeva G.V., Smirnov S.N., Kamova A.I. Influence of cutting management on productivity and nutritional value of perennial grasses. *Fodder journal*. 2019;(6):18–22. (In Russ.). EDN: PEPDRA
6. Peshchanskaya E.V., Kozhevnikov V.I. Productivity of restored grassland-steppe ecosystems. *Fodder Journal*. 2019;(11):12–16. (In Russ.). EDN: ZHNETU
7. Grechushkina-Sukhorukova L.A. *Dernoobrazuyushchie zlaki v Central'nom Predkavkaz'e: ekologiya, introdukciya, ispol'zovanie v ozelenenii: monografiya* [Turf-forming grasses in the Central Caucasus: ecology, introduction, use in landscaping: monograph]. Stavropol: Izd-vo ООО "Byuro novostej", 2019. 536 p. (In Russ.)
8. Glukhikh M.A. *Zemleustrojstvo s osnovami geodezii: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Land management with the basics of geodesy: a textbook for universities]. Saint-Petersburg: Lan', 2022. 168 p.
9. Malysheva, A.V. Kozina L.N. About the rural water supply problems and their solutions. *Bulletin NGIEI*. 2015;6(49):60–67. EDN: UBIOQZ

10. Matyushenko A.I., Pazenko T.Ya., Kurilina T.A. *Sel'skohozyajstvennoe vodosnabzhenie i obvodnenie territorij: uchebnoe posobie / Sibirskij federal'nyj universitet, Inzhenerno-stroitel'nyj institut* [Agricultural water supply and irrigation of territories: a tutorial / Siberian Federal University, Civil Engineering Institute], 2023. 151 p. Text: electronic.

11. Trutnev N.V., Mashkareva I.P., Trutnev M.A. *Vodosnabzhenie, poenie zhivotnyh, mikroklimat na fermah i strizhka ovec: ucheb. posobie / pod red. N.V. Trutneva* [Water supply, watering of animals, microclimate on farms and sheep shearing: textbook / edited by N.V. Trutnev]. Perm: IPC "Prokrost", 2017. 116 p. EDN: ZGTADB

12. Kubasheva Zh.K. *Tekhnologiya vodosnabzheniya zhivotnovodstva iz pastbishchnyh kolodcevkopanej* [Technology of water supply for livestock from pasture wells]. Uralsk: ZKATU imeni Zhangir hana, 2022. 105 p. ISBN 978-601-319-326-7. (In Russ.). EDN: IJONRN

13. Murusidze D.N., Legeza V.N., Filonov R.F. *Tekhnologii proizvodstva produkci zhivotnovodstva: uchebnoe posobie dlya akademicheskogo bakalavriata*. [Livestock production technologies: a textbook for the academic bachelor's degree]. Moscow: Izd-vo Yurajt, 2019. 417 p. ISBN 978-5-534-11097-514.

14. Sasikov A.S., Balkizov A.B., Amshokov B.Kh. [et al.]. Principles of organizing watering points on pastures. *Energoresursoberezhenie i energoeffektivnost': aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovacii: sb. nauch. tr. II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Energy resource conservation and energy efficiency: current issues, achievements and innovations: collection of scientific papers of the II International Scientific and Practical Conference]. Nalchik, 2023. Pp. 235–239. EDN: ECQNAS

15. Sasikov A.S., Balkizov A.B., Balkizov V.A., Sasikov T.A. Irrigation by furrows on sloping lands. *Sel'skohozyajstvennoe zemlepol'zovanie i prodovol'stvennaya bezopasnost'. Materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, KBR, Respubliki Adygeya professora B. H. Fiapsheva* [Agricultural land use and food security. Proceedings of the VIII International scientific and practical conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the Russian Federation, the Kabardino-Balkarian Republic, the Republic of Adygea, Professor B.Kh. Fiapshev]. Nalchik, 2022. Pp. 163–165. EDN: ILFTJL

Сведения об авторах

Балкизов Афрасим Баширович – кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4015-8381

Сасиков Анатолий Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3609-3447

Амшоков Батыр Хаширович – кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3071-3850

Information about the authors

Afrasim B. Balkizov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Management, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4015-8381

Anatoly S. Sasikov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Management, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3609-3447

Batyr Kh. Amshokov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Management, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3071-3850

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 03.04.2025;
одобрена после рецензирования 25.04.2025;
принята к публикации 05.05.2025.*

*The article was submitted 03.04.2025;
approved after reviewing 25.04.2025;
accepted for publication 05.05.2025.*

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

**Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов
и производства продукции животноводства**

**Private Animal Husbandry, Feeding, Feed Preparation
and Livestock Production Technologies**

Научная статья

УДК 636.52/.58:636.082.4(470.57)

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-30-36

**Нормы скормливания зерен пророщенного ячменя
курам родительского стада мясного направления**

Ринат Равилович Гадиев^{✉1}, Альфия Равильевна Гайфуллина²

Башкирский государственный аграрный университет, улица 50-летия Октября, 34, Уфа, Россия, 450001

^{✉1}rgadiev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0727-312X>

²alfiya.gayfullina.1993@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4770-8527>

Аннотация. В статье рассматривается влияние скормливания основного рациона с включением пророщенного зерна ячменя на продуктивные и инкубационные качества птицы. При проведении исследования на курах родительского стада мясного направления кросса «Ross 308» были рассмотрены следующие параметры: живая масса кур и петухов за 60 недель, сохранность поголовья, яйценоскость на начальную несущую, выход инкубационных яиц, а также процент вывода молодняка. По результатам опыта было установлено, что опытные группы в целом по основным показателям превосходили контрольные группы как в начале эксперимента, так и по прошествии 60-недельного промежутка времени. Наблюдались высокие значения сохранности на протяжении всего исследования, и данные значения у кур варьировались от 92 до 93%, а у петухов значения были на одинаковом уровне (90%). По результатам исследования было установлено, что оптимальное скормливание пророщенного зерна ячменя – вечером в количестве 20 г на голову. Уровень рентабельности при использовании пророщенного зерна превышал контрольный вариант на 3,1%.

Ключевые слова: куры, петухи, кросс «Ross 308», пророщенное зерно, живая масса, яйценоскость, инкубационные качества

Для цитирования: Гадиев Р. Р., Гайфуллина А. Р. Нормы скормливания зерен пророщенного ячменя курам родительского стада мясного направления // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова 2025. № 2(48). С. 30–36. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-30-36

Original article

**Feeding standards of sprouted barley grains
to chickens of parent flocks of meat direction**

Rinat R. Gadiev^{✉1}, Alfiya R. Gayfullina²

Bashkir State Agrarian University, 34 50th anniversary of October Street, Ufa, Russia, 450001

^{✉1}rgadiev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0727-312X>

²alfiya.gayfullina.1993@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4770-8527>

Abstract. The article examines the effect of feeding the main diet with the inclusion of sprouted barley grain on the productive and incubation qualities of poultry. When conducting research on chickens of the parent flock of the Ross 308 meat cross, we considered the following parameters: the live weight of chickens and roosters for 60 weeks, the safety of livestock, egg production for the initial laying hen, the yield of incubation eggs, as well as the percentage of young brood. Based on the results of the experiment, it was found that the experimental groups generally outperformed the control groups in terms of basic indicators, both at the beginning of the experiment and after a 60-week period. High safety values were observed throughout the study, and these values ranged from 92 to 93% in chickens, while 90% in roosters were at the same level. According to the results of the study, it was found that the optimal feeding of sprouted barley grain is in the evening for 20 g per head. The level of profitability when using sprouted barley grain exceeded the cost option on 31%.

Keywords: hens, roosters, cross "Ross 308", sprouted grain, live weight, egg production, incubation qualities

For citation: Gadiev R.R., Gayfullina A.R. Feeding standards of sprouted barley grains to chickens of parent flocks of meat direction. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):30–36. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-30-36

Введение. В настоящее время в птицеводческой отрасли нашей страны всё чаще применяют альтернативные кормовые средства, которые способствуют улучшению продуктивных качеств птицы при минимальных затратах [1–4].

Одно из таких ресурсов – пророщенное зерно, обладающее высокими значениями биологической активности витаминов и ферментов, улучшающих усвояемость питательных компонентов корма [5, 6].

При включении в рацион птицы проростков злаковых культур происходит увеличение приростов, т. е. живой массы, а также яйценоскости ввиду высокой насыщенности злаков быстроусвояемыми веществами [7].

Помимо того, что пророщенное зерно увеличивает показатели продуктивности, оно также улучшает вкусовые качества получаемой от птицы продукции – мяса и яиц [8].

Использование пророщенного зерна экономически выгодно, так как за счет таких включений уменьшаются затраты на основной корм для птицы в виде комбикорма. Таким образом увеличивается рентабельность предприятия [9].

Целью данной работы послужило выявление рационального режима кормления пророщенным зерном кур мясного направления кросса «Ross 308».

Для осуществления указанной цели были поставлены следующие задачи:

1) проанализировать изменения живой массы кур и петухов за период опыта;

2) оценить яичную продуктивность кур кросса «Ross 308» при включении в рацион разного уровня пророщенного зерна ячменя;

3) изучить инкубационные показатели яиц у кур родительского стада;

4) рассчитать экономическую эффективность исследования с учетом включения дополнительного корма в рацион птицы.

Материалы, методы и объекты исследования. Работа проведена на курах родительского стада мясного направления кросса «Ross 308». Для проведения исследования было скомплектовано 5 групп птиц по принципу пар-аналогов.

Основной рацион для птицы составлял полнорационный комбикорм. Раздачу пророщенного зерна ячменя производили вручную.

Схема исследования представлена на рисунке 1.

Результаты исследования. Сохранность поголовья испытываемой породы птицы была на достаточно высоком уровне во всех группах. Данные контроля и опыта среди петухов по данному показателю не различались и были равны 90,9%. Сохранность поголовья у самок в опытных группах составила 93,0%, что незначительно выше по сравнению с контрольной группой (91,0%). Таким образом, можно утверждать, что включение пророщенного ячменя в состав рациона кур родительского стада мясного направления не оказало отрицательного влияния на жизнеспособность птицы.

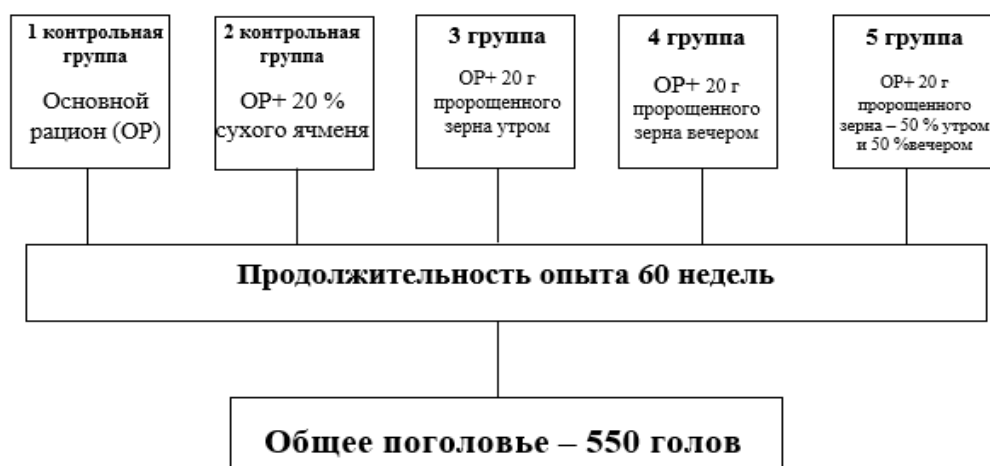


Рисунок 1. Схема опыта
Figure 1. Experimental scheme

В период исследования периодически проводили взвешивание птицы для определения влияния пророщенного зерна ячменя на при-

вес птицы. Результаты представлены на рисунках 2 и 3.

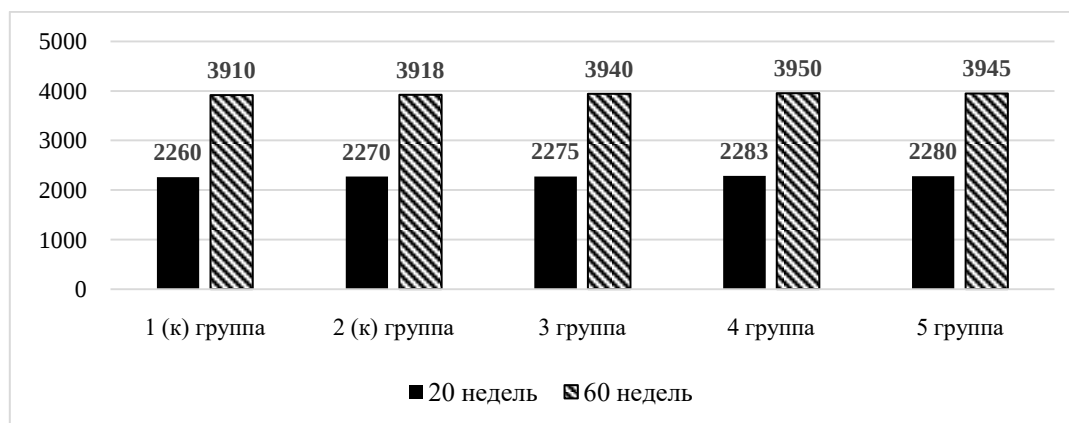


Рисунок 2. Живая масса кур в возрасте 20 и 60 недель, г
Figure 2. Live weight of hens at the age of 20 and 60 weeks, g

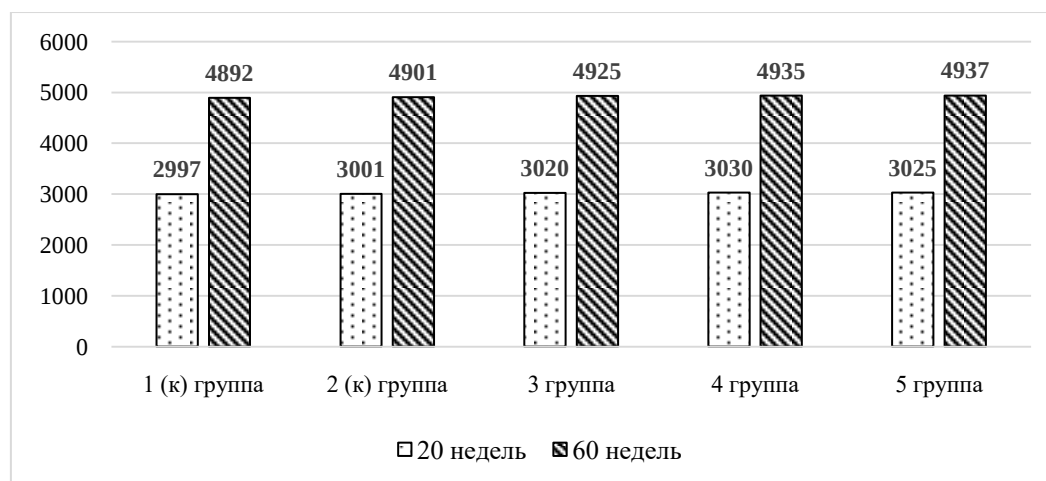


Рисунок 3. Живая масса петухов в возрасте 20 и 60 недель, г
Figure 3. Live weight of roosters at the age of 20 and 60 weeks, g

В результате взвешивания кур в 20-недельном возрасте было выявлено, что незначительный прирост живой массы отмечался в 4-й группе (2283,0 г). В конце исследования на 60-й неделе также было проведено взвешивание птицы, и максимальная живая масса наблюдалась у самок в группе, где птица получала 20 г в расчете на 1 голову пророщенного зерна вечером (3950,0 г), что на 40,0 и 32,0 г превосходило контрольные группы соответственно.

Живая масса петухов за период содержания изменялась в зависимости от количества и режима скармливания пророщенного зерна ячменя. Так, на 20-й неделе взвешивания было обнаружено, что самцы 4-й группы пре-

восходили сверстников из контрольных по рассматриваемому параметру на 33,0 и 29,0 г соответственно. В конце изучаемого периода петухи опытных групп значительно превосходили по данному показателю птиц из контрольной группы, но среди опытных групп лидировали самцы 4-й группы с живой массой 1935,0 г, что на 10,0 г превосходило наименьшее значение среди других опытных групп, а также выше контрольных значений на 43,0 и на 34,0 г соответственно.

Помимо влияния пророщенных зерен на привес птицы, в период исследования рассматривались параметры яйценоскости и инкубации (рис. 4).

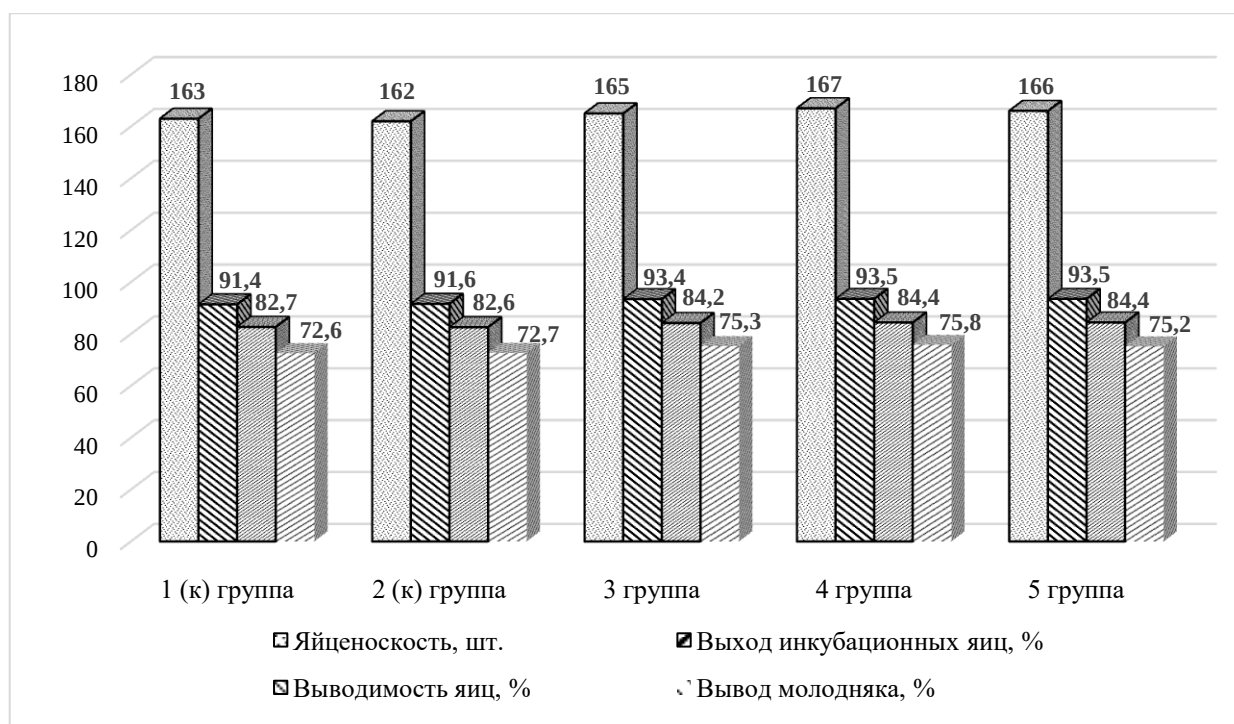


Рисунок 4. Параметры яичной продуктивности и инкубации яиц

Figure 4. Parameters of egg production and egg incubation

Рассматривая яичную продуктивность самок, отметим, что максимальные данные выражены у самок из 4-й группы (167 штук яиц), что на 4 и 5 штук яиц больше, чем в контрольных группах соответственно. Инкубационные качества кур были более выражены у опытных групп, чем у контрольных, причем отметим, что на одинаковом уровне находились значения по параметрам выхода инкубационных яиц и выводимости яиц у птиц 4-й и 5-й групп (93,5 и 84,4%), что выше

контроля на 2,1 и 1,9%, а также на 1,7 и 1,8% соответственно. Изучение вывода молодняка при скармливании зерен ячменя в сухом и пророщенном виде выявило, что куры 4-й группы превосходили другие по значениям (75,8%), что выше на 0,5–3,2% по сравнению с другими группами.

Для обоснования целесообразности применения подобного включения в рацион кур мясного направления произвели производственную проверку результатов исследования

и рассчитали экономическую эффективность. С этой целью подобрали две группы: контрольная группа (базовый вариант), где птица получала только основной рацион, и 4-я группа (новый вариант), которая по результатам опыта показала наиболее высокие результаты по основным параметрам учета и продуктивности за отчетный период.

Было установлено, что производственные затраты в базовом и новом вариантах в период проведения производственных проверок составили 8680,147 и 9675,780 тыс. рублей соответственно. При этом прибыль была вы-

ше в опытной группе (2793,65 тыс. рублей), что выше контрольных значений на 679,35 тыс. рублей. По итогу был рассчитан уровень рентабельности, который был выше в новом варианте (26,87%), что превосходило базовый уровень на 4,52%.

Выводы. По результатам проведенных исследований следует сделать вывод, что добавление в рацион кур родительского стада мясного направления кросса «Ross 308» пропущенного зерна ячменя в количестве 20 г вечером способствует повышению продуктивности и рентабельности производства.

Список литературы

1. Васильева Л. Т., Бычаев А. Г. Влияние возраста кур на результаты инкубации и откорма цыплят-бройлеров кросса ROSS 308 // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2024. № 4(78). С. 96–104. DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-96-104. EDN: EEBMQO
2. Гадиев Р. Р., Хазиев Д. Д., Гайфуллина А. Р. Влияние возрастных особенностей на основные показатели учета поголовья в продуктивный период гусей родительского стада // Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния. 2024. № 1. С. 97–102. DOI: 10.52754/16948696_2024_1(6)_14. EDN: EXBXXB
3. Анатомо-топографическая характеристика и динамика морфометрических показателей кишечника гусей переяславской породы с возрастом / М. С. Дюмин, В. В. Пронин, Д. С. Гришина, Л. В. Фролова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2012. Т. 209. С. 105–110.
4. Самсонова О. Е. Морфологический и химический состав куриных яиц при скормливании металлохелатов // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: сб. науч. тр. по материалам II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти первого Президента Кабардино-Балкарской Республики В. М. Кокова (Нальчик, 20–22 октября 2022 г.). Часть 2. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022. С. 134–138.
5. Суханова С. Ф., Кузнецова А. В. Влияние добавки Ветосел е форте на сохранность и продуктивность гусей // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых (Пенза, 29–30 октября 2020 г.). Т. 2. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. С. 97–100. EDN: SCPMGN
6. Изучение эффективности использования кормовой добавки Альбит-БИО в птицеводстве на примере молодняка гусей / Д. С. Гришина, Л. В. Фролова, А. К. Злотников, К. М. Злотников // Владимирский земледелец. 2012. № 3. С. 46–48. EDN: PEKFMN
7. Суханова С. Ф. Иммунный статус молодняка гусей, потреблявших пробиотическую добавку // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник статей по материалам IV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (Курган, 21 апреля 2020 г.) / под общей редакцией И. Н. Миколайчика. Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, 2020. С. 196–201. EDN: BYYABX
8. Буяров В. С., Андреева О. Н. Продуктивные качества кур родительского стада бройлеров кросса Ross 308 при использовании препаратов «Эмицидин» и «Апекс» // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2022. № 10(207). С. 55–65. DOI: 10.33920/sel-05-2210-05. EDN: XTCRUJ
9. Гришин Е. А., Суханова С. Ф. Влияние витаминной добавки витаминов на продуктивность молодняка гусей // The Scientific Heritage. 2020. № 57-1(57). С. 14–17. DOI: 10.24412/9215-0365-2020-57-1-14-17. EDN: CYYVXB

References

1. Vasilyeva L.T., Bychaev A.G. Effect of chicken age on the results of incubation and fattening of broiler chickens of the cross ROSS 308. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2024;4(78):96–104. (In Russ.). DOI: 10.24411/2078-1318-2024-4-96-104. EDN: EEBMQO

2. Gadiev R.R., Khaziev D.D., Gaifullina A.R. The influence of age characteristics on the main indicators of livestock accounting in the productive period of geese of the parent herd. *Journal of Osh State University. Agriculture: agronomy, veterinary and zootechnics*. 2024;(1):97–102. (In Russ.) DOI: 10.52754/16948696_2024_1(6)_14. (In Russ.). EDN: EXBXXB
3. Dyumin M.S., Pronin V.V., Grishina D.S., Frolova L.V. Anatomic-topographical characteristic and dynamic of morphometric intestine of the geese of Pereslawl breed with age. *Scientific notes Kazan Bauman state academy of veterinary medicine*. 2012;209:105–110. (In Russ.)
4. Samsonova O. E. Morphological and chemical composition of chicken eggs when fed metal chelates. *Nauka, obrazovanie i biznes: novyy vzglyad ili strategiya integracionnogo vzaimodejstviya: sb. nauch. tr. po materialam II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati pervogo Prezidenta Kabardino-Balkarskoj Respubliki V. M. Kokova (Nal'chik, 20–22 oktyabrya 2022 g.). Chast' 2* [Science, education and business: a new view or strategy of integration interaction: collection of scientific papers based on the materials of the II International scientific and practical conference dedicated to the memory of the first President of the Kabardino-Balkarian Republic V.M. Kokov (Nalchik, October 20–22, 2022). Part 2], Nalchik: FGBOU VO Kabardino-Balkarskiy GAU, 2022. Pp. 134–138. (In Russ.)
5. Sukhanova S.F., Kuznetsova A.V. Effect of vetosel e forte additive on safety and productivity of geese. *Vklad molodyh uchenykh v innovacionnoe razvitie APK Rossii: sbornik statej Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenykh, Penza, 29–30 oktyabrya 2020 g. Tom 2*. [Contribution of young scientists to innovative development of the agro-industrial complex of Russia: collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference of young scientists (Penza, October 29–30, 2020). Vol. 2]. Penza: Penzenskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2020. Pp. 97–100. (In Russ.). EDN: SCPMGN
6. Grishina D.S., Frolova L.V., Zlotnikov A.K., Zlotnikov K.M. Study of the efficiency of using the feed additive Albit-BIO in poultry farming using the example of young geese. *Vladimir agricolist*. 2012;(3):46–48. (In Russ.). EDN: PEKFMN
7. Sukhanova S.F. Immune status of young geese that consumed a probiotic supplement. *Aktual'nye problemy ekologii i prirodopol'zovaniya: sbornik statej po materialam IV Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii (Kurgan, 21 aprelya 2020 g.). Pod obshchej redakciej I.N. Mikolajchika* [Actual problems of ecology and nature management: a collection of articles based on the materials of the IV All-Russian (national) scientific and practical conference (Kurgan April 21, 2020). Under the general editorship of I.N. Mikolaychik]. Kurgan: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, 2020. Pp. 196–201. (In Russ.). EDN: BYYABX
8. Buyarov V.S., Andreeva O.N. Productive traits of chickens of the parent herd of broilers of the Cross Ross 308 when using the drugs Emicidin and Apex. *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2022;10(207):55–65. (In Russ.). DOI: 10.33920/sel-05-2210-05. EDN: XTCRIU
9. Grishin E.A., Sukhanova S.F. Effect of vitamin supplement vitammin on productivity of young geese. *The Scientific Heritage*. 2020;57(1):14–17. (In Russ.). DOI: 10.24412/9215-0365-2020-57-1-14-17. EDN: CYYVXB

Сведения об авторах

Гадиев Ринат Равилович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», SPIN-код: 1092-9259

Гайфуллина Альфия Равильевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры физиологии, биохимии и кормления животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», SPIN-код: 8920-8385

Information about the authors

Rinat R. Gadiev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Beekeeping, Private Animal Science and Animal Breeding, Bashkir State Agrarian University, SPIN-code: 1092-9259

Alfiya R. Gayfullina – Candidate of agricultural sciences, Assistant at the Department of Physiology, Biochemistry and Animal Nutrition, Bashkir State Agrarian University, SPIN-code: 8920-8385

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 30.04.2025;
одобрена после рецензирования 19.05.2025;
принята к публикации 27.05.2025.*

*The article was submitted 30.04.2025;
approved after reviewing 19.05.2025;
accepted for publication 27.05.2025.*

Научная статья

УДК 636.082.474

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-37-43

**Влияние дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных
панелей закрытых птичников на продуктивные качества
и резистентность цыплят-бройлеров****Астемир Сергеевич Дудуев^{✉1}, Рустам Заурбиевич Абдулхаликов²**Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030^{✉1}duduev2011@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7046-8539>²rustam742008@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2807-7611>

Аннотация. В современном птицеводстве особое внимание уделяется созданию оптимального микроклимата в птичниках, что напрямую влияет на продуктивность и здоровье поголовья. Целью исследования стало научное обоснование и разработка эффективного способа повышения продуктивности и естественной резистентности цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» путем использования системы дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей закрытых птичников. Исследование проводилось в производственных условиях ООО Агрогруппа «Баксанский Бройлер» с применением двух групп по 100 голов каждая – опытной и контрольной. В ходе эксперимента установлено, что применение данной технологии положительно сказалось на ростовых показателях, сохранности поголовья и снижении кормовой себестоимости. К 37-дневному возрасту живая масса бройлеров опытной группы превышала массу контрольной группы на 5,39%, а затраты корма сократились на 8,3%. Индекс продуктивности у опытной группы составил 418 баллов, что на 58,7 единиц выше, чем у контрольных птиц. Также наблюдался рост убойного выхода на 4% и увеличение доли тушек первой категории на 3%. Гематологические исследования показали, что все параметры крови находились в пределах физиологической нормы. У цыплят опытной группы отмечено повышение уровня гемоглобина на 2,95%, бактерицидной активности сыворотки крови на 3,73% и лизоцимной активности на 1,79%, что указывает на усиление неспецифической резистентности организма. Полученные результаты подтверждают целесообразность внедрения системы дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей в закрытых птичниках с целью повышения эффективности производства мяса бройлеров и улучшения физиологического статуса птиц.

Ключевые слова: бройлеры, продуктивность, резистентность, микроклимат птичников, мясное птицеводство

Для цитирования: Дудуев А. С., Абдулхаликов Р. З. Влияние дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей закрытых птичников на продуктивные качества и резистентность цыплят-бройлеров // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 37–43. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-37-43

Original article

**Effects of disinfection and cooling of wall ventilation panels of closed poultry
houses on the productive qualities and resistance of broiler chickens****Astemir S. Duduev^{✉1}, Rustam Z. Abdulkhalikov²**Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030^{✉1}duduev2011@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7046-8539>²rustam742008@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2807-7611>

Abstract. In modern poultry farming, special attention is paid to creating optimal microclimate in poultry houses, which directly affects the productivity and health of livestock. The purpose of the study was to scientifically substantiate and develop an effective way to increase the productivity and natural resistance of Ross-308 broiler chickens using a disinfection and cooling system for wall ventilation panels in closed poultry houses. The research was carried out in the production conditions of Baksan Broiler Agrogroup LLC using two groups of 100 heads each – experimental and control. During the experiment, it was found that the use of this technology had a positive effect on growth rates, livestock safety and a reduction in feed costs. By the age of 37 days, the live weight of the broilers of the experimental group exceeded the weight of the control group by 5.39%, and feed costs decreased by 8.3%. The productivity index of the experimental group was 418 points, which is 58.7 units higher than that of the control birds. There was also a 4% increase in slaughter yield and a 3% increase in the proportion of carcasses of the first category. Hematological studies showed that all blood parameters were within the physiological norm. The chickens of the experimental group showed an increase in hemoglobin levels by 2.95%, bactericidal activity of blood serum by 3.73% and lysozyme activity by 1.79%, which indicates an increase in nonspecific resistance of the organism. The results obtained confirm the expediency of introducing a disinfection and cooling system for wall ventilation panels in closed poultry houses to increase the efficiency of broiler meat production and improve the physiological condition of birds.

Keywords: broilers, productivity, resistance, microclimate of poultry houses, meat poultry farming

For citation: Duduev A.S., Abdulkhalikov R.Z. Effects of disinfection and cooling of wall ventilation panels of closed poultry houses on the productive qualities and resistance of broiler chickens. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):37–43. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-37-43

Введение. Современное птицеводство представляет собой высокотехнологичную отрасль сельского хозяйства, где эффективное управление микроклиматом играет ключевую роль в обеспечении продуктивности и здоровья поголовья. Правильно организованные системы дезинфекции и охлаждения в птичниках не только способствуют созданию оптимальных условий для содержания птицы, но и являются важным фактором предотвращения заболеваний и минимизации экономических потерь [1, 2].

Изучение данной темы обусловлено растущими требованиями к качеству продукции птицеводства и необходимостью соблюдения строгих санитарно-гигиенических норм. Согласно данным исследований ряда авторов [3–5] до 30% всех заболеваний птицы связано с неправильными условиями содержания, что подчеркивает значимость современных технологических решений в этой области. Особенно это актуально в условиях интенсивного производства, где высокая плотность посадки требует особого внимания к параметрам микроклимата.

При выборе системы дезинфекции необходимо учитывать ряд факторов: объем обрабатываемого помещения, материал стен и обо-

рудования, требуемую периодичность обработки и специфику содержимого помещения. Наиболее эффективным считается комбинированный подход, при котором различные методы дезинфекции дополняют друг друга [6, 7].

Системы охлаждения птичников представляют собой сложные инженерные решения, адаптированные к специфике животноводческих помещений. Основными типами таких систем являются испарительные охладители, кондиционеры промышленного назначения и системы принудительной вентиляции с рекуперацией тепла. Каждый из этих типов имеет свои технические особенности и рекомендации по применению [8, 9].

Исходя из вышеизложенного, актуальной проблемой для интенсивного производства мяса бройлеров является создание оптимальных условий выращивания и изучение влияния систем дезинфекции и охлаждения птичников на продуктивность и естественную резистентность птицы.

Цель исследования – научное обоснование и разработка эффективного способа повышения продуктивности и естественной резистентности цыплят-бройлеров путем применения системы дезинфекции и охлаждения

пристенных вентиляционных панелей закрытых птичников.

Для достижения поставленной цели была поставлена задача изучения влияния системы дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей закрытых птичников и способа его применения на продуктивные показатели и естественную резистентность цыплят-бройлеров.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование было проведено в производственных условиях ООО Агрогруппа «Баксанский Бройлер». В качестве объекта исследования были использованы цыплята-бройлеры кросса «Росс-308».

В рамках исследования был проведен патентный поиск в доступных источниках, включая базы данных ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности». В результате был разработан инновационный способ возведения и система для дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей, применяемых в закрытых птичниках. Предложенная система призвана обеспечить эффективную циркуляцию воздуха, его охлаждение и обеззараживание внутри помещений, что позволит создать оптимальные условия для содержания птицы. Были поданы заявки на изобретения: № 2023125312 от 02.10.2023 г. и № 2023125313 от 02.10.2023 г. В результате получены патенты на изобретения «Способ возведения системы дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей закрытых птичников» № 2819753, от 23.05.2024 г. в соавторстве (В. И. Фисинин, Р. З. Абдулхаликов, А. А. Дудуев, С. О. Курбанов) [10] и «Система дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей закрытых птичников» № 2827557 от 30.09.2024 г. в соавторстве (В. И. Фисинин, Р. З. Абдулхаликов, А. А. Дудуев, С. О. Курбанов) [11].

Изучение влияния системы дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей закрытых птичников на продуктивные качества и естественную резистентность цыплят-бройлеров проводили в соответствии со схемой, представленной в таблице 1.

Для сбора эмпирических данных и их последующей обработки и анализа были сформированы две группы (опытная и контрольная). Каждая группа состояла из 100 особей.

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. The scheme of experience

Группа	
Контрольная 1	Опытная 2
Без применения системы дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей	С применением системы дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей

В ходе исследования были установлены следующие нормативы для выращивания бройлеров: нагрузка на 1 ниппель составила 10 голов, плотность размещения на производственной площади пола составила 16 голов на квадратный метр, а фронт кормления был обеспечен в размере 2,5 см на одну голову. Технологические параметры содержания и выращивания птицы, а также лечебно-профилактические мероприятия, проводимые в процессе опыта, были одинаковыми для всех групп и соответствовали рекомендациям паспорта кросса «Росс-308».

В рамках научного эксперимента проводился анализ ряда показателей, включая живую массу птицы, среднесуточный прирост живой массы, сохранность поголовья, затраты корма на 1 кг прироста живой массы, индекс продуктивности, убойный выход, выход тушек первой категории, гематологические показатели крови бройлеров.

Для проведения гематологического анализа использовался ветеринарный анализатор Abacus junior vet, работающий по принципу импедансной технологии. Метод основан на измерении изменений электрического сопротивления, возникающих при прохождении клеток через микроскопическое отверстие в проводящей жидкости. Определение уровня гемоглобина осуществлялось цианметгемоглобиновым методом в разведении 1:196 после лизиса эритроцитов специальным реагентом.

Биохимические показатели крови определялись на автоматическом анализаторе А-25 производства компании Biosystems с применением оригинальных реактивов и методик, указанных в инструкции к оборудованию.

Все работы с цыплятами-бройлерами кросса «Росс-308» проводились в строгом соответствии с Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европей-

ского союза, регулирующей защиту животных, используемых в научных исследованиях. Были приняты все необходимые меры для минимизации стресса и дискомфорта у птиц, а также для снижения количества особей, подвергшихся эвтаназии.

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена методом вариационной статистики согласно методическим рекомендациям Н. А. Плохинского [12]. Расчеты осуществлялись на персональном компьютере с применением программы Microsoft Excel.

Результаты исследования. В таблице 2 представлены данные о средней живой массе цыплят-бройлеров опытной и контрольной групп на разных этапах выращивания. В хо-

де всего эксперимента отмечено, что птицы опытной группы имели более высокую массу тела по сравнению с контрольной группой.

Так, уже к семидневному возрасту разница в массе составила 4,89, а к двухнедельному 4,32%. Однако статистической значимости в эти сроки установлено не было. К 21-му дню выращивания различие стало достоверным и составило 7,04% ($P \leq 0,001$) в пользу опытной группы. На 28-й день разница увеличилась до 7,96% ($P \leq 0,001$).

По завершении опыта бройлеры опытной группы продолжали превосходить контрольных особей, демонстрируя разницу в 5,39% ($P \leq 0,001$), что подтверждает устойчивое положительное влияние применённого воздействия на ростовые показатели птиц.

Таблица 2. Живая масса бройлеров, г ($X \pm m_x$, $n=100$)

Table 2. Live weight of broilers, g ($X \pm m_x$, $n=100$)

Группы	Возраст, дней					
	1	7	14	21	28	37
1 (контрольная)	43 $\pm$ 0,08	184 $\pm$ 1,8	486 $\pm$ 5,1	881 $\pm$ 8,4	1407 $\pm$ 13,2	2321 $\pm$ 17,8
2 (опытная)	43 $\pm$ 0,07	193 $\pm$ 2,0	507 $\pm$ 6,2	943 $\pm$ 9,5	1519 $\pm$ 14,8	2446 $\pm$ 19,3

Зоотехнические параметры, характеризующие процесс выращивания бройлеров в сравниваемых группах, представлены в таблице 3.

В ходе проведённого исследования было установлено, что внедрение системы дезинфекции воздуха и охлаждения пристенных вентиляционных панелей в закрытых птичниках положительно повлияло на основные показатели продуктивности бройлеров. К 37-дневному возрасту средняя живая масса птиц опытной группы увеличилась на 5,39% по сравнению с контрольной группой. Также отмечено улучшение сохранности поголовья на 1,2% и снижение кормовой себестоимости – затраты корма на 1 кг прироста сократились на 8,3%.

Индекс продуктивности у цыплят опытной группы составил 418 баллов, что на 58,7 единиц выше аналогичного показателя у контрольных птиц. По данным убоя, выход тушек опытной группы был выше на 4%, а количество тушек первой категории – на 3% по сравнению с контролем.

Кроме того, применение данной технологии позволило повысить уровень рентабельности производства на 2,0% к 37-дневному возрасту птиц.

Таблица 3. Показатели выращивания бройлеров

Table 3. Indicators of broiler cultivation

Показатели	Группа 1 (контрольная)	Группа 2 (опытная)
Срок выращивания, сут.	37	37
Поголовье, гол.	100	100
Живая масса в возрасте 37 суток, г	2321 $\pm$ 21,8	2446 $\pm$ 23,3
Среднесуточный прирост живой массы, г	61,5	64,9
Сохранность, %	96,8	98,0
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	1,69	1,55
Индекс продуктивности	359,3	418,0
Убойный выход, %	71	75
Выход тушек первой категории, %	92	95
Рентабельность, %	14	16

Полученные результаты подтверждают эффективность использования систем дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей в закрытых птичниках в течение всего периода выращивания бройлеров.

Для комплексной оценки физиологического состояния цыплят-бройлеров были проведены гематологические анализы, результаты которых представлены в таблице 4.

Таблица 4. Гематологические показатели крови бройлеров в возрасте 37 суток
Table 4. Hematological parameters of broiler blood at the age of 37 days

Показатель	Группа	
	1 (контрольная)	2 (опытная)
Эритроциты, 10^{12} /л	$2,29 \pm 0,07$	$2,73 \pm 0,04$
Гемоглобин, г /л	$106,80 \pm 2,02$	$109,96 \pm 2,33$
Лейкоциты, 10^9 /л	$23,06 \pm 2,03$	$27,17 \pm 2,08$
Гематокрит, %	$34,22 \pm 4,52$	$34,55 \pm 4,25$
Лизоцимная активность сыворотки крови, %	$37,05 \pm 3,8$	$38,84 \pm 3,5$
Бактерицидная активность сыворотки крови, %	$51,54 \pm 2,9$	$55,27 \pm 2,8$

Результаты проведенных анализов крови показали, что все гематологические параметры у цыплят-бройлеров опытной и контрольной групп находились в пределах физиологической нормы. Статистически значимых различий между группами выявлено не было. Однако у птиц опытной группы наблюдалась определённая тенденция к повышению уровня гемоглобина в крови (его концентрация была выше на 2,95% по сравнению с контрольной группой).

Для оценки влияния дезинфекции воздуха с использованием бактерицидной амальгамной лампы на способность организма цыплят противостоять неблагоприятным факторам внешней среды изучались такие показатели, как гуморальные факторы естественной резистентности. При статистическом анализе результатов достоверных различий также не выявлено, однако отмечено повышение бактери-

цидной активности сыворотки крови у опытной группы на 3,73%, а лизоцимной активности – на 1,79% по сравнению с контролем.

Выводы. Проведённые исследования подтверждают положительное влияние применения системы дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей в закрытых птичниках на продуктивные качества и уровень резистентности цыплят-бройлеров кросса «Росс-308». Установлено, что опытная группа птиц в возрасте 37 дней демонстрировала более высокие показатели по живой массе, сохранности поголовья и индексу продуктивности в сравнении с контрольной группой.

С целью повышения эффективности производства мяса бройлеров представляется целесообразным внедрять систему дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей в условиях содержания птиц в закрытых птичниках.

Список литературы

1. Усовершенствование ветеринарно-санитарных мероприятий – важная составляющая биобезопасности на птицефабриках / Т. С. Тамбиев, А. Н. Тазаян, М. С. Кривко, В. В. Федюк // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: тезисы докладов всероссийской научно-практической конференции, Благовещенск, 15 апреля 2020 года. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. С. 147. EDN: SDYLMB
2. Фисинин В. И., Журавель Н. А., Мифтахутдинов А. В. Информационные технологии как стратегический инструмент реализации процесса планирования ветеринарно-санитарных мер в птицеводстве // Птица и птицепродукты. 2018. № 1. С. 41–43. EDN: YRTLTY

3. Арьков А. А. Научные основы совершенствования технологии производства бройлеров. Краснодар, 2021. 34 с.
4. Мымрин И. А. Бройлерное птицеводство. Москва: Росагропромиздат, 2017. 272 с.
5. Юрков В. М. Микроклимат животноводческих ферм и комплексов. Москва: Россельхозиздат, 2017. 222 с.
6. Дмитриева М. Е. Ветеринарное благополучие – залог рентабельной работы птицеводческого предприятия // Птица и птицепродукты. 2014. № 1. С. 23–25. EDN: OKQSEP
7. Общая токсикология / Под общ. ред. Б. А. Курляндского, В. А. Филова. Москва: Медицина. 2002. 608 с. ISBN 5-225-04609-6
8. Зайченко В. В. Критерии выбора оптимального микроклимата в регионах с жарким и сухим климатом // Птица и птицепродукты. 2012. № 4. С. 27–30. EDN: PPMFZH
9. Фисинин В. И., Кавтарашвили А. Ш., Колокольникова Т. Н. Как бороться с тепловым стрессом птицы? // Птицеводство. 2014. № 6. С. 2–11. EDN: SKBJAV
10. Пат. № 2819753 Российская Федерация, МПК А01К 31/00, А61Л 2/20, F24F 5/00, F24F 6/02, F24F 13/30. Способ возведения системы дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей закрытых птичников / В. И. Фисинин, Р. З. Абдулхаликов, А. С. Дудуев, С. О. Курбанов; патенообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова. № 2023125312; заявл. 02.10.2023; опубл. 23.05.2024, Бюл. № 15.
11. Пат. № 2827557 Российская Федерация, МПК А01К 31/00, А61Л 9/14, А61Л 2/00. Система дезинфекции и охлаждения пристенных вентиляционных панелей закрытых птичников / В. И. Фисинин, Р. З. Абдулхаликов, А. С. Дудуев, С. О. Курбанов; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова. № 2023125313; заявл. 02.10.2023; опубл. 30.09.2024, Бюл. № 28.
12. Плохинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. Москва: Колос, 1969. 256 с.

References

1. Tambiev T.S., Tazayan A.N., Krivko M.S., Fedyuk V.V. Improving veterinary and sanitary measures is the most important component of biosecurity at poultry farms. *Agropromyshlennyj kompleks: problemy i perspektivy razvitiya: tezisy dokladov vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Blagoveshchensk, 15 aprelya 2020 goda* [Agro-industrial complex: problems and development prospects: abstracts of reports of the All-Russian scientific and practical conference, Blagoveshchensk, April 15, 2020]. Blagoveshchensk: Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020. P. 147. (In Russ.). EDN: SDYLMB
2. Fisinin V.I., Zhuravel N.A., Miftakhutdinov A.V. Information technologies as a strategic tool for implementing the process of planning veterinary and sanitary measures in poultry farming. *Poultry & chicken products*. 2018;(1):41–43. (In Russ.). EDN: YRTLTY
3. Arkov A.A. *Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva brojlerov* [Scientific basis for improving broiler production technology]. Krasnodar, 2021. 34 p. (In Russ.)
4. Mymrin I.A. *Brojlernoe pticevodstvo* [Broiler poultry farming]. Moscow: Rosagropromizdat, 2017. 272 p.
5. Yurkov V.M. *Mikroklimat zhivotnovodcheskih ferm i kompleksov* [Microclimate of livestock farms and complexes]. Moscow: Rossel'hozizdat, 2017. 222 p. (In Russ.)
6. Dmitrieva M.E. Veterinary well-being is the key to profitable operation of a poultry enterprise. *Poultry & chicken products*. 2014;(1):23–25. (In Russ.). EDN: OKQSEP
7. *Obshchaya toksikologiya. Pod obshch. red. B.A. Kurlyandskogo, V.A. Filova.* [General toxicology. Under the general editorship of B.A. Kurlyandsky, V.A. Filov]. Moscow: Medicina. 2002. 608 p. ISBN 5-225-04609-6. (In Russ.)
8. Zaichenko V.V. Criteria for choosing the optimal microclimate in regions with hot and dry climate. *Poultry & chicken products*. 2012;(4):27–30. (In Russ.). EDN: PPMFZH
9. Fisinin V.I., Kavtarashvili A.Sh., Kolokolnikova T.N. How to deal with heat stress of birds? *Ptitsevodstvo*. 2014;(6):2–11. (In Russ.). EDN: SKBJAV
10. Pat. 2819753 Russian Federation, Int. Cl. A01K 31/00, A61L 2/20, F24F 5/00, F24F 6/02, F24F 13/30. Method for constructing a system for disinfection and cooling of wall ventilation panels of closed poultry houses. V.I. Fisinin, R.Z. Abdulkhalikov, A.S. Duduev, S.O. Kurbanov; patent holder Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya Kabardino-Balkarskij

gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. V.M. Kokova. No. 2023125312; application 02.10.2023; publ. 23.05.2024, Bull. No. 15

11. Pat. 2827557 Russian Federation, Int. Cl. A01K 31/00, A61L 9/14, A61L 2/00. System for disinfection and cooling of wall ventilation panels of closed poultry houses. V.I. Fisinin, R.Z. Abdulkhalikov, A.S. Duduev, S.O. Kurbanov; patent holder Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya Kabardino-Balkarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. V.M. Kokova. No. 2023125313; application 02.10.2023; publ. 30.09.2024, Bull. No. 28.

12. Plokhinsky N.A. *Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov* [Handbook of biometrics for zootechnicians]. Moscow: Kolos, 1969. 256 p.

Сведения об авторах

Дудуев Астемир Сергеевич – аспирант кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2818-3015

Абдулхаликов Рустам Заурбиевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 2454-3610, Scopus ID: 57221329354, Researcher ID: ABG-2284-2021

Information about the authors

Astemir S. Duduev – Postgraduate student of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2818-3015

Rustam Z. Abdulkhalikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal science and veterinary and sanitary expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2454-3610, Scopus ID: 57221329354, Researcher ID: ABG-2284-2021

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 12.05.2025;
одобрена после рецензирования 02.06.2025;
принята к публикации 09.06.2025.*

*The article was submitted 12.05.2025;
approved after reviewing 02.06.2025;
accepted for publication 09.06.2025.*

Научная статья
УДК 636.5.082
doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-44-50

Калибровка инкубационных яиц по массе и выращивание ремонтного молодняка перепелов в равновесовых сообществах

Артём Карлович Османиян¹, Амина Абдуллаевна Эдилова²,
Виктор Викторович Малородов^{✉3}

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, улица
Тимирязевская, 49, Москва, Россия, 127434

¹akosmanyanyan@gmail.com

²amina_edilova@bk.ru

^{✉3}malorodov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9033-7552>

Аннотация. В условиях промышленного перепеловодства одним из ключевых факторов эффективного производства инкубационных яиц и суточного молодняка является создание равновесовых сообществ взрослой птицы. Достижение однородного по живой массе поголовья родительского стада возможно путём калибровки яиц и выборочного формирования ремонтного стада перепелят, полученного по результатам инкубации. Исследование выполнено на базе «Загорское ЭПХ» ВНИТИП в 2024 г. в условиях инкубатория и производственного помещения с клеточными батареями. Для экспериментов задействовали 600 инкубационных яиц и 448 голов перепелят. Яйца перед закладкой на инкубацию калибровали по трём весовым категориям условно «лёгкие», «средние» и «тяжёлые». Ремонтный молодняк после вывода выращивали в отдельных сообществах соответственно калибровке яиц. Установлено, что вывод перепелят из калиброванных по массе яиц в среднем выше на 12,5 процентных пункта, однородность суточных перепелят по живой массе – на 8,0% в сравнении с инкубацией яиц без калибровки. В созданных группах однородность ремонтного молодняка перепелов по живой массе, выведенного из калиброванных по массе яиц, выше, чем у сверстников, выведенных из некалиброванных яиц, в среднем на 7,1%, в том числе у самок – на 8,6%. Достигнуто увеличение делового выхода самок в среднем на 9,7 процентных пункта. Повышен уровень рентабельности инкубации калиброванных яиц на 8,4 процентных пункта, выращивания ремонтных перепелят – на 12,9 процентных пункта.

Ключевые слова: инкубация перепелиных яиц, калибровка яиц по массе, ремонтный молодняк, равновесовое сообщество, однородность яиц по массе и перепелов по живой массе, изменчивость массы яиц и живой массы перепелов, экономическая эффективность.

Для цитирования: Османиян А. К., Эдилова А. А., Малородов В. В. Калибровка инкубационных яиц по массе и выращивание ремонтного молодняка перепелов в равновесовых сообществах // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 44–50. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-44-50

Original article

Calibration of incubation eggs by weight and growing of replacement quail in equal weight communities

Artyom K. Osmanyanyan¹, Amina A. Edilova², Viktor V. Malorodov^{✉3}

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya
Street, Moscow, Russia, 127434

¹akosmanyanyan@gmail.com

²amina_edilova@bk.ru

^{✉3}malorodov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9033-7552>

Abstract. In industrial quail farming, one of the key factors for the effective production of hatching eggs and daily quail is the creation of equal weight communities of the parent quail herd. Achieving a uniformity in live weight of the parent herd is possible by calibrating eggs and selectively forming a replacement quail obtained by incubation. The research was carried out on the basis of the "Zagorskoe EBF" All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry in 2024 in an incubator and a poultry house with cage batteries. In the experience 600 incubation eggs and 448 heads of quail were used. Before incubation, eggs were calibrated according to three weight categories, conditionally "Light", "Medium" and "Heavy". After hatching, the replacement quail were grown in individual communities according to the egg calibration. It was found that the brood of quail from eggs calibrated by weight is on average 12,5 percentage point higher, and the uniformity of daily quail by live weight is 8,0% higher compared with incubation of eggs without calibration. Under the created groups, uniformity the replacement quail by live weight, bred from eggs calibrated by weight, higher than their peers, bred from eggs uncalibrated on average 7,1%, including 8,6% females. An increase in the quantity of females was achieved by an average of 9,7 percentage point. The profitability of egg calibrated incubation has been increased by 8,3 percentage point, and the growing replacement quail by 12,9 percentage point.

Keywords: incubation of quail eggs, egg calibration by weight, replacement quail, equal weight community, uniformity of eggs by weight and quails by live weight, variability of egg weight and live weight of quails, economic efficiency

For citation: Osmanyanyan A.K., Edilova A.A., Malorodov V.V. Calibration of incubation eggs by weight and growing of replacement quail in equal weight communities. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;2(48):44–50. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-44-50

Введение. По последним актуальным статистическим данным, в Российской Федерации содержится 2,42 млн голов перепелов различных направлений продуктивности, что составляет 0,5% от общего поголовья сельскохозяйственной птицы¹. В то же время продукты перепеловодства (пищевые яйца и мясо) обладают диетическими и лечебными свойствами, что обуславливает необходимость расширения ассортимента продукции, получаемой от перепелов. Закономерно, что с увеличением поголовья родительского стада увеличивается изменчивость живой массы птицы, и как следствие, снижается процент однородных по массе инкубационных яиц. В настоящее время в Российской Федерации, наряду с ЛФХ и КФХ, функционирует единственная крупная перепеловодческая птицефабрика АО «Угличская птицефабрика» (г. Углич, Ярославская область) яичного направления. Это указывает на необходимость научных исследований, позволяющих увеличить поголовье мясо-яичных перепелов, воспроизводимых в равновесовых сообществах [1].

По мнению Рехлецкой Е. К. и Дымкова А. Б., равновесовые сообщества сельскохозяйственной птицы возможно создавать путём отбора перепелов по малому диаметру яиц, что косвенно характеризует весовые категории яиц. Авторы установили, что отбор по данному признаку позволяет повысить однородность поголовья птицы по продуктивности, повысить вывод на 5,6% и живую массу перепелят в 6-недельном возрасте – на 9,5 и 12,2% соответственно [2]. Также известно, что отбор перепелиных яиц исходя из массы и индекса формы увеличивает вывод молодняка на 8,0–10,0% [3, 4]. В зависимости от весовых категорий изменяются инкубационные качества перепелиных яиц. Так, для яиц массой в пределах от 11,0 до 17,0 г оплодотворённость составляет 82,0–85,0%; выводимость 71,9–78,6%; вывод перепелят 59,0–66,0% [5].

Родительское стадо перепелов формируют также исходя из живой массы и затрат корма на 1 кг прироста живой массы самцов и самок. Отбор проводят в 5-6-недельном возрасте, что позволяет рационально оценить затраты корма и не допустить избыточного ожирения племенной птицы [6]. В селекционной работе, направленной на улуч-

¹ Основные итоги сельскохозяйственной микропереписи 2021 года. Статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики. Москва: ИИЦ «Статистика России», 2022. 420 с.

шение продуктивных качеств материнской линии за три поколения, наблюдается увеличение яйценоскости на 1,8%, выход инкубационных яиц и выход перепелят на начальную несушку вырос на 1,7 и 9,1% соответственно. Значение массы яиц при этом существенно не изменяется. Ройтер Я.С. и Кавтарашвили А.Ш. установили, что инкубация яиц от несушек в третьем поколении приводит к увеличению оплодотворённости и выводимости яиц, выводу цыплят – на 1,5; 2,5; и 3,3% соответственно [7]. Результаты, полученные в ряде исследований, свидетельствуют, что инкубация яиц, различных по массе, приводит к увеличению однородности стада птицы по живой массе на 9,1–18,0% [8]. Разделение птиц по живой массе в 35-дневном возрасте, а также проведение выбраковки перед их перемещением из помещения для ремонтного молодняка в секцию

для половозрелых кур способствуют повышению однородности стада на 6,0–10,0%. Это положительно сказывается на сохранности ремонтного молодняка, увеличивая её на 1,5–2,0%, а также повышает выживаемость половозрелых кур на 2,0–2,4%. Кроме того, такая практика позволяет улучшить деловой выход самок на 2–3% [9].

Цель исследования – определить целесообразность калибровки инкубационных яиц по массе и выращивания ремонтного молодняка перепелов в равновесовых сообществах.

Материалы и методика. Научно-экспериментальное исследование было проведено в 2024 году на базе инкубатория и производственного помещения ФГУП «Загорское экспериментальное племенное хозяйство» ВНИТИП. Схема экспериментов представлена в таблице 1.

Таблица 1. Схема опытов
Table 1. The scheme of experiments

Показатель	Группа			
	1 (контрольная)	2	3	4
Опыт 1	Инкубация калиброванных по массе яиц			
Масса яиц, г	11,5–14,1 и более	11,5–13,0	13,1–14,0	14,1 и более
Опыт 2	Выращивание ремонтных перепелят			
Живая масса суточных перепелят: абсолютная, г относительная к массе яиц, %	8,5±0,1	8,2±0,1	8,8±0,1	9,6±0,1
	63,9	65,6	65,2	66,7
Весовая категория	Без разделения	«легкая»	«средняя»	«тяжелая»

В первом опыте было использовано 600 яиц (из них 390 – в контрольной группе и по 70 в каждой из опытных групп), полученных от одновозрастного родительского стада мясо-яичных перепелов эстонской породы. Инкубация проводилась в течение 17,5 суток в предварительном (П) и выводном (В) инкубаторах модели СТИМУЛ-4000 М1 П (В).

Перед закладкой на инкубацию яйца хранились не более 6 дней, что обуславливалось необходимостью их калибровки по массе. В результате сортировки были сформированы опытные группы: группа 2 – «лёгкие» яйца массой от 11,5 до 13,0 г; группа 3 – «средние» яйца массой от 13,1 до 14,0 г; группа 4 – «тяжёлые» яйца массой свыше

14,1 г. Для формирования контрольной группы 1 отбирали яйца вне зависимости от калибровки по массе в пределах от 11,5 до 14,1 и более г.

Яйца помещали в инкубатор с установленными начальными параметрами микроклимата: для первых 15 суток поддерживали температуру на уровне 37,7±0,1 °С и относительную влажность воздуха 50,0%. Начиная с 16-х суток инкубации температуру снижали до 37,5±0,1 °С, а влажность повышали до 55,0%. Поворот лотков в инкубаторе осуществлялся автоматически один раз в час с углом отклонения 45° в соответствии с рекомендациями, изложенными в методических указаниях ФНЦ «ВНИТИП».

В опыте 2 для изучения зоотехнической эффективности выращивания ремонтного молодняка родительского стада перепелов каждая из 4-х групп была сформирована без разделения по полу из перепелят, выведенных из заложенных на инкубацию яиц. Суточных ремонтных перепелят выращивали до достижения ими возраста 6 недель, после чего их физиолого-биологический статус изменялся с ремонтного молодняка на формирующееся родительское стадо (с момента начала яйцекладки у самок).

На 28-й день выращивания птиц разделили по половому признаку (на основании окраски оперения) и оставили по 18 особей каждого пола в каждой группе для совместного содержания с целью последующего формирования родительского стада. Самцов и самок содержали вместе в клетках размером 1,4×0,7×0,3 м; плотность посадки составляла 70 голов на 1 м² площади пола клетки (что соответствует 140 см² на одну птицу). Кормление осуществлялось полноценными сухими комбикормами, одинаковыми для всех опытных групп, с обеспечением кормового фронта не менее 3,0 см на одну голову.

Начиная с третьей недели жизни поение проводилось через ниппельные поилки из рас-

чёта один ниппель на 8 голов птиц. Параметры микроклимата в птичнике соответствовали за весь период выращивания следующим значениям: температура воздуха 33–22 °С; относительная влажность воздуха 50–70%; интенсивность освещённости в месте расположения птицы изменялась от 40 до 15 лк по мере взросления птицы.

По завершении исследования провели сравнительный анализ изучаемых показателей между группами. Полученный цифровой материал был обработан с использованием пакета программ «Microsoft Excel» методом вариационной статистики с применением критериев Стьюдента и Фишера.

Результаты исследования. В таблице 2 приведены результаты инкубации яиц, включая данные биологического контроля и оценку качества суточных перепелят. Однородность яиц по массе в опытных группах оказалась выше на 21,3 процентных пункта (пп), а степень их изменчивости ниже на 4,1 пп по сравнению с контролем. Средние значения оплодотворённости в группах 2–4, где яйца были разделены по весовым категориям, превышали аналогичный показатель в контрольной группе (без классификации по массе) на 6,9 пп.

Таблица 2. Результаты и биологический контроль инкубации яиц, оценка суточных перепелят
Table 2. Results and biological control of egg incubation, assessment of daily quail

Показатель	Группа			
	1 (к)	2	3	4
Результаты инкубации				
Однородность по массе яиц (K_0), %	78,7	100,0	100,0	100,0
Изменчивость массы яиц (C_v), %	5,5	1,4	1,5	1,3
Оплодотворенность яиц, %	84,1 а	92,9 б	92,9 б	87,1 а
Выводимость яиц, %	83,5 а	93,8 б	90,8 в	88,5 в
Вывод перепелят, %	70,3 а	87,1 б	84,3 б	77,1 в
Биологический контроль инкубации яиц				
Погибшие эмбрионы, %	14,4	5,7	8,6	10,0
Кровяное кольцо, %	2,9	–	–	2,9
Аморфоз, %	1,5	–	–	–
Замершие, %	4,4	–	4,3	2,9
Оценка суточных перепелят				
Средняя живая масса суточных перепелят, г	8,5±0,1 а	8,2±0,1 б	8,8±0,1 в	9,6±0,1 г
Однородность суточных перепелят по живой массе (K_0), %	92,0	100,0	100,0	100,0
Изменчивость живой массы суточных перепелят (C_v), %	6,9	4,3	4,4	4,6

Примечание: однородность яиц и перепелят рассчитана при условии отклонения $\pm 10\%$ от средней массы. Здесь и далее разность между средними значениями в группах в пределах показателя, обозначенными разными буквами, достоверна при $p \geq 0,95$.

Выводимость яиц увеличилась на 7,5 пп, а выход суточных перепелят – на 12,5 пп. Различия между указанными показателями инкубации опытных и контрольной групп являются статистически значимыми. Биологический контроль инкубации позволил установить причины эмбриональной смертности и отхода молодняка. Наибольшее количество погибших эмбрионов и отходов, получено при инкубации яиц без разделения по массе.

Средняя живая масса суточных перепелят достоверно различалась между изучаемыми группами. Однородность суточных перепелят по живой массе в опытных группах составила 100,0%, что на 8,0 пп выше, чем в контрольной

группе. Изменчивость живой массы суточных перепелят в опытных группах ниже на 2,5 пп в сравнении с контрольной группой.

В таблице 3 приведены данные о зоотехнической эффективности выращивания ремонтных перепелят. Как показали результаты, к 6-недельному возрасту перепелята из групп 3 и 4 (без разделения по полу) имели более высокую среднюю живую массу по сравнению с контрольной группой, однако различия не были статистически достоверными. В то же время у самок из группы 3 наблюдалось достоверное превышение живой массы относительно самок контрольной группы (на 6,5%).

Таблица 3. Зоотехническая эффективность выращивания ремонтных перепелят родительского стада до 6-недельного возраста

Table 3. Zootechnical efficiency of growing replacement quail of the parent quail herd to 6 weeks of age

Показатель	Группа			
	1 (к)	2	3	4
Средняя живая масса, г:	238,2±4,0 а	235,7±5,4 а	243,6±5,8 а	240,6±5,0 а
самцы	222,6±6,3 а	212,7±4,9 а	217,2±4,2 а	220,0±4,0 а
самки	253,7±6,6 а	258,6±6,2 аб	271,2±6,3 б	261,2±6,0 аб
Изменчивость живой массы (C_v), %:	10,2	9,4	9,4	8,5
самцы	9,3	9,0	8,1	7,6
самки	9,8	9,6	9,6	8,1
Однородность (K_o) по живой массе, %:	66,7	71,2	71,4	78,8
самцы	65,1	69,0	67,9	75,0
самки	68,2	73,3	75,0	82,1
Расход корма на 1 кг прироста живой массы, кг	3,56	3,66	3,64	3,60
Сохранность перепелят, %	94,2	96,7	94,9	96,3
Деловой выход самок, %	68,2	80,0	78,6	75,0

Изменчивость живой массы перепелов без разделения по полу в среднем в опытных группах ниже на 1,1 пп; среди самцов – на 1,1 пп; среди самок – на 0,7 пп. В то же время наблюдается преимущество птиц опытных групп над контрольной по однородности живой массы перепелов как с разделением по полу, так и без разделения. В опытных группах средний расход корма на 1 кг прироста живой массы перепелов был выше на 1,9% по сравнению с контрольной группой. Это различие может быть связано с различиями в интенсивности роста как самцов, так и самок.

Уровень сохранности поголовья среди групп варьировался незначительно, при этом опытные группы демонстрировали преимущество над контролем на 2,5; 0,7 и 2,1 пп соответственно. Деловой выход самок в груп-

пах 2–4 оказался выше, чем в группе 1, на 11,8; 10,4 и 6,8 пп соответственно. Полученные данные подтверждают более высокую зоотехническую эффективность выращивания ремонтного молодняка, полученного из инкубационных яиц, предварительно откалиброванных по массе.

В таблице 4 представлена экономическая эффективность инкубации равновесовых партий перепелиных яиц и выращивания ремонтных перепелят. Так, уровень рентабельности в опыте 1 в среднем на 8,4 процентных пункта выше при условии калибровки яиц по массе, а в опыте 2 уровень рентабельности выше в среднем на 12,9 пп при условии выращивания ремонтных перепелят в равновесовых сообществах.

Таблица 4. Уровень рентабельности инкубации
равновесных партий перепелиных яиц
и выращивания ремонтных перепелят
родительского стада, %

Table 4. Profitability level of incubation of equal
weight communities of quail eggs and growing
of replacement quail of the parent quail herd, %

Показатель	Группа				$\bar{X}_{2; 3; 4}$
	1 (к)	2	3	4	$\sum 2; 3; 4$
Опыт 1	6,1	17,1	15,4	10,8	14,5
Опыт 2	37,7	54,8	51,0	46,0	50,6

Выводы. На основании результатов инкубации яиц и выращивания ремонтного молодняка перепелов для формирования равновесных сообществ в родительском стаде следует калибровать яйца по массе перед закладкой на инкубацию по весовым категориям «лёгкие»; «средние» и «тяжёлые». После вывода перепелят полученный кондиционный молодняк следует выращивать раздельно (в отдельных клетках) соответственно калибровке яиц в равновесных сообществах, что позволяет повысить однородность яиц по массе и птицы по живой массе.

Список литературы

1. Голубов И. И. Предпосылки эффективного функционирования перепеловодческого предприятия на рынке птицепродуктов // Птицеводство. 2021. № 2. С. 67–71. DOI: 10.34286/1995-4638-2021-77-2-81-88. EDN: XMADGR
2. Селекция птицы по малому диаметру яйца / Е. Рехлецкая, А. Дымков, Л. Лазарец, А. Мальцев // Животноводство России. 2022. № 4. С. 14–15. DOI: 10.25701/ZZR.2022.03.03.008. EDN: RSOILX
3. Чимидов Ш. Ю., Бачинина К. Н. Инкубационные качества яиц перепелов техасской белой породы и способ их повышения // Студенческая наука – взгляд в будущее: материалы XVII Всероссийской студенческой научной конференции. Красноярск, 2022. С. 488–491.
4. Щербатов В. И., Бачинина К. Н., Чимидов Ш. Ю. Инновационный способ повышения качества инкубационных яиц перепелов // Инновационные подходы к повышению продуктивности сельскохозяйственных животных: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина. Краснодар, 2021. С.151–156. EDN: IANVXA
5. Ройтер Я. С., Дегтярева Т. Н., Дегтярева О. Н. Повышение плодовитости мясных перепелов методами селекции // Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния. 2022. № 1. С.87–95. DOI: 10.52754/16948696_2022_1_10. EDN: NLKRZA
6. Джой И. Ю. Оценка и отбор племенных перепелов по живой массе и конверсии корма // Проблемы биологии продуктивных животных. 2011. № 4. С. 48–52. EDN: PCUNXR
7. Ройтер Я. С., Дегтярева Т. Н., Дегтярева О. Н. Отбор мясных перепелов при комплектовании племенного стада // Эффективное животноводство. 2021. №9 (175). С. 110–112. EDN: KNTNAS
8. Продуктивность и однородность цыплят, выведенных из калиброванных яиц / А. К. Османян, Р. А. Еригина, А. А. Герасимов, Ю. А. Рыльских // Птицеводство. 2011. № 4. С. 21–22. EDN: NXRPSD
9. Кавтарашвили А. Ш., Новоторов Е. Н., Колокольникова Т. Н. Пути повышения однородности стада птицы // Птица и птицепродукты. 2012. № 4. С. 24–27. EDN: PPMFWZ

References

1. Golubov I.I. Prerequisites for the effective functioning of a quail farming enterprise in the poultry market. *Ptitsevodstvo*. 2021;(2):67–71. (In Russ.). DOI: 10.34286/1995-4638-2021-77-2-81-88. EDN: XMADGR
2. Rekhletskaia E., Dymkov A., Lazaretz L., Maltsev A. Selection of poultry by a small egg diameter. *Animal Husbandry of Russia*. 2022;(4):14-15. (In Russ.). DOI: 10.25701/ZZR.2022.03.03.008. EDN: RSOILX
3. Chimidov Sh.Yu., Bachinina K.N. Incubation qualities of Texas White quail eggs and a method for improving them. *Studencheskaya nauka – vzglyad v budushchee: materialy HVII Vserossijskoj studencheskoj nauchnoj konferencii* [Student science – a look into the future: materials of the XVII All-Russian student scientific conference]. Krasnoyarsk, 2022. pp. 488-491.
4. Shcherbatov V.I., Bachinina K.N., Chimidov Sh.Yu. Innovative method for improving the quality of quail hatching eggs. *Innovacionnye podhody k povysheniyu produktivnosti sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu Kubanskogo*

gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni I. T. Trubilina [Innovative approaches to improving the productivity of farm animals: Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin]. Krasnodar, 2021. Pp. 151–156. EDN: IANVXA

5. Rojter Ya.S., Degtyareva T.N., Degtyareva O.N. Increasing the fertility of meat quails by breeding methods. *Journal of Osh State University. Agriculture: Agronomy, Veterinary and Zootechnics*. 2022;(1):87–95. DOI: 10.52754/16948696_2022_1_10. EDN: NLKRZA

6. Joy I.Y. Evaluation and selection of breeding quails by live weight and feed conversion. *Problems of productive animal biology*. 2011;(4):48–52. EDN: PCUHXH

7. Rojter Ya.S., Degtyareva T.N., Degtyareva O.N. Selection of meat quails during breeding. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2021;9(175):110–111. EDN: KNTNAS

8. Osmanyan A., Yerigina R., Gerasimov A., Rylskikh Yu. Productivity and uniformity of chickens bred from calibrated eggs. *Ptitsevodstvo*. 2011;(4):21–22. EDN: NXRPDS

9. Kavtarashvili A.Sh., Novotorov E.N., Kolokolnikova T.N. Ways to increase the uniformity of poultry flocks. *Poultry & chicken products*. 2012;(4):24–27. EDN: PPMFWZ

Сведения об авторах

Османян Артём Карлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», SPIN-код: 1659-6492

Эдилова Амина Абдуллаевна – аспирант кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», SPIN-код: 5912-1342

Малородов Виктор Викторович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», SPIN-код: 9771-8500

Information about the authors

Artyom K. Osmanyan – Doctor of Agricultural Sciences, professor of the Department of special animal husbandry, Russian Timiryazev State Agrarian University. SPIN-code: 1659-6492

Amina A. Edilova Postgraduate student of the Department of special animal husbandry, Russian Timiryazev State Agrarian University, SPIN-code: 5912-1342

Viktor V. Malorodov – Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the Department of special animal husbandry, Russian Timiryazev State Agrarian University, SPIN-code: 9771-8500

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 13.05.2025;
одобрена после рецензирования 04.06.2025;
принята к публикации 09.06.2025.

The article was submitted 13.05.2025;
approved after reviewing 04.06.2025;
accepted for publication 09.06.2025.

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных
Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology of Animals

Научная статья

УДК 636.2:636.082

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-51-58

**Новый метод дифференциации лактирующих коров
по устойчивости к воздействию теплового стресса****Заурбек Магомедович Айсанов^{✉1}, Тимур Тазретович Тарчоков²,
Мадина Гамовна Тлейншева³**Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030^{✉1}Zaurbek.1965@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2829-2848>²ttarchokov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7434-1700>³tleinsheva.madina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9239-8591>

Аннотация. Уровень молочной продуктивности крупного рогатого скота, помимо генетических факторов, обуславливается влиянием паратипических факторов, к которым относятся температурно-влажностные показатели окружающей среды. Высокая температура и влажность воздуха в летний период, когда животные находятся на пастбищах, и микроклимат невозможно искусственно регулировать, могут вызвать у лактирующих коров тепловой стресс, приводящий к снижению величины суточного удоя. Цель исследования заключалась в апробации предложенной авторами новой методики дифференциации лактирующих коров молочных и молочно-мясных пород по устойчивости к воздействию теплового стресса на основе величины ПУТС (показатель устойчивости к тепловому стрессу). Исследования проводили в ООО «Дарган» Черекского района Кабардино-Балкарской Республики в 2024–2025 гг. на 254 коровах бурой швицкой породы. Авторами разработана специальная шкала дифференциации лактирующих коров, согласно которой устойчивыми к тепловому стрессу являются животные с величиной ПУТС 4,9 и менее, умеренно-устойчивыми – от 5,0 до 9,9; неустойчивыми 10,0 и более. Среди исследованных авторами 254 коров удельный вес животных устойчивого, умеренно-устойчивого и неустойчивого к тепловому стрессу типа был равен соответственно 42,1; 21,3 и 36,6%. Сравнительный анализ продуктивности показал, что животные устойчивого типа превосходили сверстниц неустойчивого к тепловому стрессу типа по удою за лактацию на 7,3% (коровы первого отела), 9,1% (коровы второго отела) и 10,5% (коровы третьего отела). По выходу молочного жира превосходство коров устойчивого типа над животными неустойчивого к тепловому стрессу типа составило 7,6% (коровы первого отела), 8,6% (коровы второго отела) и 9,7% (коровы третьего отела). Во всех случаях сравнения установленные различия оказались статистически достоверными ($p > 0,95$).

Ключевые слова: бурая швицкая порода, пастбищный период, молочная продуктивность коров, температурно-влажностный индекс, показатель устойчивости к тепловому стрессу

Для цитирования: Айсанов З. М., Тарчоков Т. Т., Тлейншева М. Г. Новый метод дифференциации лактирующих коров по устойчивости к воздействию теплового стресса // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 51–58. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-51-58

Original article

A new method for differentiating lactating cows on their resistance to heat stress

Zaurbek M. Aisanov^{✉1}, Timur T. Tarchokov², Madina G. Tleynsheva³

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}Zaurbek.1965@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2829-2848>

²ttarchokov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7434-1700>

³tleinsheva.madina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9239-8591>

Abstract. The level of dairy productivity of cattle, in addition to genetic factors, is determined by the influence of paratypical factors, which include temperature and humidity parameters of the environment. High temperature and humidity in the summer, when animals are on pastures and the microclimate cannot be artificially regulated, can cause heat stress in lactating cows, leading to a decrease in the daily milk yield. The purpose of the research was to test a new method proposed by the authors for differentiating lactating cows of dairy and dairy-meat breeds in terms of resistance to heat stress based on the value of IRHS (index of resistance to heat stress). The research was conducted at Dargan LLC in the Chereksky district of the Kabardino-Balkarian Republic in 2024–2025 on 254 brown Swiss cows. The authors have developed a special differentiation scale for lactating cows, according to which animals with a IRHS value of 4,9 or less are resistant to heat stress, moderately stable – from 5.0 to 9.9, unstable – 10,0 or more. Among the 254 cows studied by the authors, the proportion of animals of a stable, moderately stable and unstable type to heat stress was 42,1; 21,3 and 36,6%, respectively. A comparative analysis of productivity showed that stable type animals outperformed their peers of the type unstable to heat stress in milk yield for lactation by 7,3% (cows of the first calving), 9,1% (cows of the second calving) and 10,5% (cows of the third calving). In terms of milk fat yield, the superiority of stable type cows over heat-stress type animals was 7,6% (cows of the first calving), 8,6% (cows of the second calving) and 9,7% (cows of the third calving). In all cases of comparison, the found differences were statistically significant ($p>0,95$).

Keywords: brown Swiss breed, pasture period, dairy productivity of cows, temperature and humidity index, index of resistance to heat stress

For citation: Aisanov Z.M., Tarchokov T.T., Tleynsheva M.G. A new method for differentiating lactating cows on their resistance to heat stress. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;2(48):51–58. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-51-58

Введение. Уровень молочной продуктивности крупного рогатого скота, помимо генетических факторов, обуславливается влиянием паратипических факторов, к которым относятся температурно-влажные показатели окружающей среды. Высокая температура и относительная влажность воздуха в летний период, когда животные находятся на пастбищах, и микроклимат невозможно искусственно регулировать, могут вызвать у лактирующих коров тепловой стресс, приводящий к снижению величины суточного удоя.

Для изучения влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров используют показатель, получивший название тем-

пературно-влажностный индекс (ТВИ) [1], рассчитываемый по формуле:

$$\text{ТВИ} = 0,8 \cdot \text{ТОС} + \frac{\text{ОВВ} \cdot (\text{ТОС} - 14,4)}{100} + 46,4,$$

где

ТОС – температура окружающей среды, °С;
ОВВ – относительная влажность воздуха, %.

В зависимости от величины температурно-влажностного индекса (ТВИ) выделяют следующие градации теплового стресса:

67 и менее – комфорт;
68–71 – легкий тепловой стресс;
72–79 – средний тепловой стресс;
80–89 – тяжелый тепловой стресс;

90 и более – критический тепловой стресс.

Как отмечает Ю. Д. Фомичев [2], снижения действия теплового стресса на молочную продуктивность коров в летне-пастбищный период можно добиться тремя способами:

1) модификацией окружающей среды при использовании теневых навесов с вентиляционно-турбинным продуванием и водным опрыскиванием животных;

2) созданием генетически устойчивых к жаркой погоде пород скота;

3) совершенствованием методов управления пищеварением при использовании различных кормовых добавок, содержащих калий, натрий, селен [3].

Негативное влияние теплового стресса на продуктивные и воспроизводительные качества молочного скота подтверждают исследования ряда российских ученых [4–11].

Цель исследования – провести апробацию новой методики дифференциации лактирующих коров по устойчивости к воздействию теплового стресса, снижающего величину суточного удоя.

Задачи исследования:

1) расчет ПУТС с последующим определением удельного веса коров разных типов стрессоустойчивости;

2) сравнение по удою за лактацию животных разных типов стрессоустойчивости;

3) сравнительный анализ выхода молочного жира у коров разных типов стрессоустойчивости.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование по изучению эффективности применения предложенной авторами новой методики дифференциации лактирующих коров по устойчивости к воздействию теплового стресса, снижающего молочную продуктивность, проводили на массиве животных первого, второго и третьего отелов стада ООО «Дарган» Черекского района Кабардино-Балкарской Республики в 2024–2025 гг.

Объектами исследования служили коровы бурой швицкой породы.

В таблице 1 приводится схема исследования.

Таблица 1. Схема проведенного исследования
Table 1. The scheme of the conducted research

Возраст коров в отелах	Тип устойчивости к тепловому стрессу	Показатель продуктивности		
1	устойчивый	удой	жирномолочность	выход молочного жира
	умеренно-устойчивый	удой	жирномолочность	выход молочного жира
	неустойчивый	удой	жирномолочность	выход молочного жира
2	устойчивый	удой	жирномолочность	выход молочного жира
	умеренно-устойчивый	удой	жирномолочность	выход молочного жира
	неустойчивый	удой	жирномолочность	выход молочного жира
3	устойчивый	удой	жирномолочность	выход молочного жира
	умеренно-устойчивый	удой	жирномолочность	выход молочного жира
	неустойчивый	удой	жирномолочность	выход молочного жира

ПУТС определяли по разработанной авторами методике.

1. На основе данных по контрольным дойкам, проводимым ежедекадно (5, 15, 25 числа каждого месяца), рассчитали коэффициенты, применяемые для определения прогнозируемого удоя коровы за лактацию (табл. 2).

2. С помощью таблицы 2 рассчитали прогнозируемый удой за лактацию по су-

точному удою контрольной дойки, когда ТВИ был наименьшим и наибольшим, то есть из шести дней контрольных доек, проведенных в первые два месяца пастбищного периода (май, июнь) или в последние два месяца пастбищного периода (август, сентябрь), выбрали два дня с наименьшей и два дня с наибольшей величиной ТВИ, так называемые контрастные по степени теплового стресса дни.

Таблица 2. Коэффициенты, применяемые для расчета прогнозируемого удоя коровы за лактацию при еженедельных контрольных дойках (k)

Table 2. Coefficients used to calculate the predicted milk yield of a cow during lactation at weekly control milks (k)

Месяц отела коровы	Даты контрольных доек в первые два месяца пастбищного периода					
	5 мая	15 мая	25 мая	5 июня	15 июня	25 июня
Январь	4,1196	3,9996	3,8796	3,8450	3,7330	3,6210
Февраль	4,2569	4,1329	4,1196	4,0089	3,9996	3,8796
Март	4,1382	4,3942	4,2662	4,2569	4,1329	4,0089
Апрель	4,0089	4,1329	4,2569	4,2662	4,3942	4,1382
Май	-	-	-	-	-	-
Июнь	-	-	-	-	-	-
Июль	-	-	-	-	-	-
Август	-	-	-	-	-	-
Сентябрь	2,6091	2,5333	2,4571	1,9225	1,8665	1,8105
Октябрь	3,1584	3,0664	2,9744	2,6091	2,5331	2,4571
Ноябрь	3,4330	3,3330	3,2330	3,1584	3,0664	2,9744
Декабрь	3,5017	3,4330	3,3997	3,3330	3,2977	3,2330
	Даты контрольных доек в последние два месяца пастбищного периода					
	5 августа	15 августа	25 августа	5 сентября	15 сентября	25 сентября
Январь	-	-	-	-	-	-
Февраль	-	-	-	-	-	-
Март	-	-	-	-	-	-
Апрель	-	-	-	-	-	-
Май	4,3942	4,2662	4,1382	3,6390	3,5330	3,4270
Июнь	4,8062	4,6662	4,5262	4,3942	4,2662	4,1382
Июль	4,8495	5,1495	4,9995	4,8062	4,6662	4,5262
Август	4,3969	4,5329	4,6689	4,8495	5,1495	4,9995
Сентябрь	-	-	-	-	-	-
Октябрь	-	-	-	-	-	-
Ноябрь	-	-	-	-	-	-
Декабрь	-	-	-	-	-	-

Примечание к таблице 2: прогнозируемый удой коровы за лактацию (Y_n) рассчитывают по формуле:

$$Y_n = \frac{Y_c \cdot 1000}{k},$$

где Y_c – суточный удой коровы в день проведения контрольной дойки, кг;

k – коэффициент, применяемый для расчета прогнозируемого удоя коровы за лактацию.

3. Рассчитали коэффициент вариации прогнозируемого удоя (C_v) по четырем его величинам, являющийся ПУТС.

4. На основании составленной авторами специальной шкалы (табл. 3) определили, к какому типу стрессоустойчивости относится корова.

Таблица 3. Шкала определения
у лактирующей коровы типа устойчивости
к тепловому стрессу

Table 3. A scale for determining
the type of resistance
to heat stress in a lactating cow

Величина показателя устойчивости к тепловому стрессу (ПУТС)	Тип устойчивости к тепловому стрессу
4,9 и менее	устойчивый
5,0–9,9	умеренно-устойчивый
10,0 и более	неустойчивый

Таблица 4. Температурно-влажностный индекс
(ТВИ) в дни проведения контрольных доек
в мае и июне 2024 года

Table 4. Temperature and humidity index
(TVI) on the days of the event control milking
in May and June 2024

Дата проведения контрольной дойки	ТОС, °C	ОВВ, %	ТВИ
5 мая	16,5	68	61,0
15 мая	14,0	79	57,3
25 мая	23,5	72	71,8
5 июня	21,5	79	69,2
15 июня	24,5	75	73,6
25 июня	25,0	60	72,8

Рассмотрим расчет ПУТС на примере коровы-первотелки, отелившейся 10 марта 2024 года, используя данные контрольных доек за первые два месяца пастбищного периода (май, июнь). Предварительно определяем четыре из шести дней контрольных доек, являющиеся наиболее контрастными по величине ТВИ. Согласно таблице 4, это 5 мая, 15 мая, 15 июня, 25 июня. Далее рассчитываем четыре показателя прогнозируемого удоя за лактацию, используя коэффициенты и формулу, приводимые в таблице 2 (табл. 5).

Показатель устойчивости к тепловому стрессу (ПУТС) коровы-первотелки, рассчитанный как коэффициент вариации (C_v) четырех величин прогнозируемого удоя за лактацию (5268, 5280, 4742, 5188) равен 5,0, что, согласно специальной шкале (табл. 3), соответствует умеренно-устойчивому типу.

После того как у каждой коровы первого, второго и третьего отелов рассчитали ПУТС, методом пар-аналогов были сформированы опытные группы животных, относящихся к разным типам стрессоустойчивости.

Таблица 5. Расчет показателей прогнозируемого
удоя за лактацию коровы-первотелки,
отелившейся 10 марта 2024 года

Table 5. Calculation of the expected milk yield
during lactation first-calf cows that calved
on March 10, 2024

Дата проведения контроль- ной дойки	Суточный удой, кг	Коэффици- ент (к) из таблицы 2	Прогнози- руемый удой за лактацию, кг
5 мая	21,8	4,1382	5268
15 мая	23,2	4,3942	5280
15 июня	19,6	4,1329	4742
25 июня	20,8	4,0089	5188

Полученный материал был обработан методом вариационной статистики [12].

Результаты исследования. Рассчитав ПУТС по изучаемому поголовью коров первого, второго и третьего отелов ($n=254$), установили, что величина данного показателя находилась в пределах от 0,3 до 21,4. При этом удельный вес животных устойчивого к тепловому стрессу типа составил 42,1%, умеренно-устойчивого типа 21,3%, неустойчивого типа 36,6%.

Показатели молочной продуктивности коров опытных групп первого, второго и третьего отелов, в зависимости от типа устойчивости к воздействию теплового стресса, отражены в таблице 6.

Из таблицы 6 видно, что разница по удою за лактацию между животными устойчивого и неустойчивого к воздействию теплового стресса типов первого, второго и третьего отелов составила соответственно 362 (7,3%), 455 (9,1%) и 534 кг (10,5%) в пользу коров устойчивого типа ($p>0,95$).

Таблица 6. Молочная продуктивность коров в зависимости от типа устойчивости к тепловому стрессу

Table 6. Dairy productivity of cows depending on the type of resistance to heat stress

Возраст коров в отелах	Тип устойчивости к тепловому стрессу	n	Удой, кг	Жирномолочность, %	Выход молочного жира, кг
1	устойчивый	17	5304±131	3,94±0,049	209,0±5,3
	умеренно-устойчивый	17	5160±159	3,96±0,062	204,3±6,0
	неустойчивый	17	4942±124	3,93±0,040	194,2±4,6
2	устойчивый	20	5469±156	3,85±0,055	210,6±5,7
	умеренно-устойчивый	20	5285±143	3,87±0,050	204,5±5,2
	неустойчивый	20	5014±159	3,87±0,061	194,0±5,4
3	устойчивый	16	5615±187	3,88±0,065	217,9±6,8
	умеренно-устойчивый	16	5396±165	3,89±0,059	209,9±5,9
	неустойчивый	16	5081±182	3,91±0,070	198,7±6,5

По жирномолочности установленные различия были незначительными (0,01–0,03 абс.%) и статистически недостоверными ($p < 0,05$), однако по выходу молочного жира коровы первого, второго и третьего отелов устойчивого типа статистически достоверно ($p > 0,05$) превосходили сверстниц неустойчивого к тепловому стрессу типа соответственно на 14,8 (7,6%), 16,6 (8,6%) и 19,2 кг (9,7%).

Выводы. На основе анализа результатов исследования были сформулированы следующие выводы:

1) величина показателя устойчивости к тепловому стрессу (ПУТС) по изучаемому поголовью коров ($n=254$) находилась в пределах от 0,3 до 21,4, а удельный вес животных устойчивого, умеренно-устойчивого и неустойчивого к воздействию теплового стресса типа составил соответственно 42,1; 21,3 и 36,6%;

2) среди коров первого, второго и третьего отелов отмечалось превосходство по удою за лактацию животных устойчивого к воздействию теплового стресса типа над животными неустойчивого типа (соответственно 7,3; 9,1 и 10,5%) ($p > 0,05$);

3) по выходу молочного жира коровы первого, второго и третьего отелов статистически достоверно ($p > 0,05$) превосходили сверстниц неустойчивого к воздействию теплового стресса типа соответственно на 7,6; 8,6 и 9,7%.

Таким образом, предложенный авторами новый метод дифференциации лактирующих коров по устойчивости к воздействию теплового стресса в пастбищный период можно достаточно эффективно использовать в селекционно-племенной работе с крупным рогатым скотом молочных и молочно-мясных пород.

Список литературы

1. Burgos Z. R., Collier R. J. Feeding Strategies for High-Producing Dairy Cows During Periods of Elevated Heat and Humidity // Proc. 20th Annual Fri-State Dairy Nutrition Conference. 2011. Pp. 111–126.
2. Тепловой стресс у лактирующих молочных коров и способы его профилактики / Ю. Фомичев, Н. Сулима, Т. Абилова, О. Бардин // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 3. С. 24–26. EDN: PZKNDN
3. Буряков Н. П., Бурякова М. А., Алешин Д. Е. Как бороться с тепловым стрессом? // Сельскохозяйственные вести. 2018. № 2. С. 60–61.
4. Кудрин М. Р., Ижболдина С. Н., Бахтияров А. Ю. Влияние микроклимата на молочную продуктивность коров // Аграрная Россия. 2012. № 5. С. 10–13. EDN: TMVKIJ
5. Левина Г. Н., Капмит У. И., Артюх В. М. Влияние температуры среды в летний период на продуктивность коров // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 6. С. 24–28. EDN: UKSXFH

6. Буряков Н. П., Бурякова М. А., Алешин Д. Е. Тепловой стресс и особенности кормления молочного скота // Российский ветеринарный журнал. 2016. № 3. С. 5–14. EDN: WITNHF
7. Тимошенко В. Н., Музыка А. А., Москалев А. А. Тепловой стресс у коров. Как сохранить продуктивность? // Белорусское сельское хозяйство. 2016. № 7. С. 42–47.
8. Проблема теплового стресса в молочном животноводстве / Е. В. Кузьмина, М. П. Семенов, А. А. Абрамова [др.] // Ветеринария Кубани. 2020. № 3. С. 10–11. DOI: 10.33861/2071-8020-2020-3-10-11. EDN: CUFDOP
9. Влияние теплового стресса на коров в сухостойный и послеродовой период / А. И. Белоусов, И. А. Шкуратова, А. С. Красноперов // Вестник НГАУ. 2022. № 3(64). С. 93–101. DOI: 10.31677/2072-6724-2022-64-3-93-101. EDN: XAXVLH
10. Субботин А. Д., Чичилов А. В., Митякова О. С. Профилактика депрессии воспроизведения у высокопродуктивных молочных коров, вызванной высокими летними температурами // Молочное и мясное скотоводство. 2014. № 7. С. 30–31. EDN: TAKWML
11. Ковалева Г. П., Лапина М. Н., Сулыга Н. В. Влияние теплового стресса на воспроизводительную способность молочных коров и способ ее коррекции // Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 2(15). С. 58–65. DOI: 10.25930/2687-1254/007.2.15.2022. EDN: BECEPP
12. Меркурьева Е. К., Шангин-Березовский Г. Н. Генетика с основами биометрии. Москва: Колос, 1983. 400 с.

References

1. Burgos Z.R., Collier R.J. Feeding Strategies for High-Producing Dairy Cows During Periods of Elevated Heat and Humidity. Proc. 20th Annual Fri-State Dairy Nutrition Conference. 2011. Pp. 111–126.
2. Fomichev Y., Sulima N., Sidorov E., Bardin O. Physiology of heat stress in lactating cows. *Dairy and meat cattle breeding*. 2018;(3):24–26. (In Russ.). EDN: PZKNDN
3. Buryakov N.P., Buryakova M.A., Alyoshin D.E. Influence of microclimate on the dairy efficiency of cows. *Agricultural news*. 2018;(2):60–61. (In Russ.)
4. Kudrin M.R., Izboldina S.N., Bakhtiyarov A.Yu. Influence of microclimate on the dairy efficiency of cows. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia]. 2012; 5:10–13. (In Russ.). EDN: TMVKIJ
5. Levina G.N., Kapmit U.I., Artyukh V.M. Impact of environmental temperatures in summer periods on cow milk yields. *Dairy and meat cattle breeding*. 2015;(6):24–28. (In Russ.). EDN: UKSXFJ
6. Buryakov N.P., Buryakova M.A., Alyoshin D.E. Heat stress and feeding features of dairy cattle. *Russian veterinary journal*. 2016;(3):5–14. (In Russ.). EDN: WITNHF
7. Timoshenko V.N., Muzyka A.A., Moskaev A.A. Thermal stress in cows. How can I stay productive? *Belorusskoe selskoe hozyajstvo* [Belarusian agriculture]. 2016;(7):42–47. (In Russ.)
8. Kuzminova E.V., Semenenko M.P., Abramova A.A. [et al.]. Heat stress problem in dairy farming. *Veterinaria Kubani*. 2020;(3):10–11. (In Russ.). DOI: 10.33861/2071-8020-2020-3-10-11. EDN: CUFDOP
9. Belousov A.I., Shkuratova I.A., Krasnoperov A.S. [et al.]. Influence of heat stress on cows during the dry and postpartum period. *Vestnik NGAU*. 2022;3(64):93–101. (In Russ.). DOI: 10.31677/2072-6724-2022-64-3-93-101. EDN: XAXVLH
10. Subbotin A.D., Chichilov A.V., Mityakova O.S. The preventive measures of negative effects of hot summer temperature on reproduction of high dairy cows. *Dairy and meat cattle breeding*. 2014;(7):30–31. (In Russ.). EDN: TAKWML
11. Kovaleva G.P., Lapina M.N., Sulyga N.V. Effect of heat stress on the reproductive capacity of dairy cows and the method for its improvement. *Agricultural journal*. 2022;2(15):58–65. (In Russ.). DOI: 10.25930/2687-1254/007.2.15.2022. EDN: BECEPP
12. Merkur'yeva E.K., Shangin-Berezovsky G.N. *Genetika s osnovami biometrii* [Genetics with the basics of biometrics]. Moscow: Kolos, 1983. 400 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Айсанов Заурбек Магомедович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 7672-6909, Scopus ID: 57212190248, Researcher ID: AAB-9728-2020

Тарчоков Тимур Тазретович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 9472-0334, Scopus ID: 57193828145, Researcher ID: AAB-9723-2020

Тлейншева Мадина Гамовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8132-9790, Scopus ID: 57212198660, Researcher ID: AAB-9714-2020

Information about the authors

Zaurbek M. Aisanov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Science and veterinary and sanitary expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 7672-6909, Scopus ID: 57212190248, Researcher ID: AAB-9728-2020

Timur T. Tarchokov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 9472-0334, Scopus ID: 57193828145, Researcher ID: AAB-9723-2020

Madina G. Tleynsheva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 8132-9790, Scopus ID: 57212198660, Researcher ID: AAB-9714-2020

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 14.05.2025;
одобрена после рецензирования 02.06.2025;
принята к публикации 09.06.2025.*

*The article was submitted 14.05.2025;
approved after reviewing 02.06.2025;
accepted for publication 09.06.2025.*

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES**Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса**
Technologies, Machines and Equipment for the Agro-industrial Complex

Научная статья

УДК 631.331:001.891

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-59-66

**Пути повышения динамико-технологических характеристик
машинно-тракторного агрегата на склоне****Казбек Дмитриевич Кудзиев¹, Мухтарбек Агубеевич Кубалов²,
Алан Маирбекович Агузаров^{✉3}**

Горский государственный аграрный университет, улица Кирова, 37, Владикавказ, Россия, 362040

¹k.d.kudziev@gmail.com²mechfak@gorskigau.ru^{✉3}alan-aguzarov@mail.ru

Аннотация. Сельскохозяйственная техника, предназначенная для горных условий, должна быть универсальной, способной работать на склоне и равнине. Также необходимо, чтобы мобильные склоновые агрегаты по возможности были комбинированными, выполняли два и более технологических процесса. Современные сельскохозяйственные агрегаты, применяемые на склонах, устойчивы против опрокидывания, однако при несоблюдении научно обоснованных правил поворота на концах гона часто возникает аварийная ситуация, и агрегат опрокидывается. Это особенно относится к колесным тракторным агрегатам. Изложенное говорит о том, что мобильные склоновые агрегаты должны обладать свойством достаточной маневренности. Проведенный анализ состояния исследуемой проблемы показал, что на качество технологических процессов, выполняемых на склонах, решающее влияние оказывают форма и параметры рельефа, которые нарушают управляемость и устойчивость движения мобильного агрегата вдоль горизонтали склона. Для стабилизации направления движения и повышения динамико-технологических характеристик машинно-тракторного агрегата при работе на склоне разработано двухконтурное автоматическое устройство, которому свойственно наличие систематической ошибки. Величина ошибки возрастает с увеличением крутизны склона. Компенсация этой ошибки возможна при периодическом использовании ориентиров горизонталей через каждые 20–30 м прохода машинно-тракторного агрегата. В результате проведенных исследований установлено весомое влияние микро-рельефа поля и изменчивости почвы на устойчивость движения на склоне.

Ключевые слова: склон, рельеф, почва, машинно-тракторный агрегат, технологический процесс, курсовая устойчивость, горизонталь

Для цитирования: Кудзиев К. Д., Кубалов М. А., Агузаров А. М. Пути повышения динамико-технологических характеристик машинно-тракторного агрегата на склоне // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова 2025. № 2(48). С. 59–66. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-59-66

Original article

Ways to improve the dynamic and technological characteristics of a machine-tractor unit on a slope

Kazbek D. Kudziev¹, Mukhtarbek A. Kubalov², Alan M. Aguzarov^{✉3}

Gorsky State Agrarian University, 37 Kirov Street, Vladikavkaz, Russia, 362040

¹k.d.kudziev@gmail.com

²mechfak@gorskigau.ru

^{✉3}alan-aguzarov@mail.ru

Abstract. Agricultural machinery designed for mountain conditions must be universal, capable of operating on a slope and a plain. It is also necessary that mobile slope units be combined, if possible, and perform two or more technological processes. Modern agricultural units used on slopes are resistant to tipping over, however, if scientifically based rules for turning are not observed, an emergency situation often occurs at the ends of the run, and the unit tips over. This especially applies to wheeled tractor units. The above suggests that mobile slope units must have the property of sufficient maneuverability. The conducted analysis of the state of the problem under study showed that the quality of technological processes performed on slopes is decisively influenced by the shape and parameters of the relief, which disrupt the controllability and stability of the mobile unit along the horizontal slope. A dual-circuit automatic device has been developed to stabilize the direction of movement and improve the dynamic and technological characteristics of the machine-tractor unit when working on a slope. The device for stabilizing the direction of movement with a two-circuit angular correction is characterized by the presence of a systematic error at the level, the value of which increases with the steepness of the slope. Compensation for this error is possible with the periodic use of horizontal reference points every 20–30 m of the passage of the machine-tractor unit. As a result of the conducted studies, a significant influence of the field microrelief and soil variability on the stability of movement on the slope was established.

Keywords: slope, relief, soil, machine-tractor unit, technological process, directional stability, horizontal

For citation: Kudziev K.D., Kubalov M.A., Aguzarov A.M. Ways to improve the dynamic and technological characteristics of a machine-tractor unit on a slope. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;2(48):59–66. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-59-66

Введение. Технологические показатели выполняемых технологических операций, особенно на склонах, значительно зависят от управляемости и устойчивости работы мобильных сельскохозяйственных агрегатов [1–3].

На качество технологических процессов, выполняемых на склонах, решающее влияние оказывают форма и параметры рельефа. От этого зависит степень нарушения устойчивости работы и управляемости мобильного сельскохозяйственного агрегата.

Следует констатировать тот факт, что форма поверхности склона как геометрическая фигура не всегда учитывается при рассмотрении динамики мобильного агрегата, а между тем влияние ее на технологическую стабильность процесса значительное.

Форма рельефа склонов в общем случае подразделяется на плоскую, выпуклую и вогнутую поверхности, а главными их параметрами являются радиус кривизны кривых горизонталей, амплитуда и частота изменения форм поверхностей по длине гона.

Заметим, что форма кривых горизонталей, по которым движется агрегат, является главным внешним фактором, воздействующим на глубину хода рабочих органов.

Горная сельскохозяйственная техника вместе со специализацией должна быть универсальной, способной работать на склоне и равнине. Желательно также, чтобы мобильные склоновые агрегаты по возможности были комбинированными, выполняли два и более технологических процесса [4–9].

Современные сельскохозяйственные агрегаты, применяемые на склонах, устойчивы против опрокидывания, однако при несоблюдении научно обоснованных правил поворота на концах гона часто возникает аварийная ситуация, и агрегат опрокидывается. Это особенно относится к колесным тракторным агрегатам. Изложенное говорит о том, что мобильные склоновые агрегаты должны обладать свойством достаточной маневренности [10–12].

Известные исследования свидетельствуют о том, что маневренные склоновые агрегаты должны быть по возможности компактными и оснащенными автоматическими средствами, повышающими устойчивость работы и улучшающими управляемость.

При разработке новой и совершенствовании существующей техники в основу основ следует заложить обеспечение требуемого качества выполняемого технологического процесса, иначе все технические решения по созданию склоновой техники теряют смысл.

Таким образом, несмотря на наличие многочисленных работ по исследованию мобильных сельскохозяйственных агрегатов на склонах, проблема эта и сегодня является актуальной, требующей следующего этапа развития.

Цель исследования – повышение динамико-технологических характеристик машинно-тракторного агрегата (МТА) на склоне.

Материалы, методы и объекты исследования. При проведении исследования использована типовая нормативная и справочная информация. Исследования базируются на теоретических и эмпирических методах анализа, обобщения и сравнения. В качестве объекта исследования использовано разработанное двухконтурное автоматическое устройство.

Результаты исследования. Технологические процессы обработки почвы, особенно колесными агрегатами, являются следствием поведения последнего как сложной динамической, механической системы. Обеспечить высокую стабильность их качества возможно лишь составлением математической модели системы и глубоким, всесторонним ее анализом.

Поперечные отклонения агрегатов неизбежны, поэтому решение задачи заключается в том, чтобы эти отклонения в качестве ограничений при анализе уравнений движения не

выходили за пределы агротехнических допусков, равных $0,1B$ (при сплошной обработке почвы), где B – ширина захвата рабочей машины.

При соблюдении этого требования считается, что мобильный агрегат обладает достаточной курсовой устойчивостью. Принято под курсовой устойчивостью МТА понимать совокупность его свойств, обеспечивающих движение в заданном направлении без воздействия на органы управления с минимальными отклонениями от заданной траектории. Считается целесообразным курсовую устойчивость МТА на склоне оценивать по среднеинтегральному коридору движения [12]:

$$KD_u = \frac{1}{t_k - t_0} \int_{t_0}^{t_k} KD dt,$$

где

KD – текущее значение коридора движения, которое определяется из следующего выражения:

$$KD = B + b_{3,4} + L \cdot \sin(\varphi) + \\ + r_{1,2} \cdot \sin(\varphi + \theta_{1,2}) - 0,5 \cdot (b_{3,4} - b_{1,2}) + \\ + r_{3,4} \cdot \sin(\varphi + \theta_{3,4}) + Y_k,$$

где

t_k, t_0 – время начала и окончания движения агрегата соответственно, с;

φ – курсовой угол, град;

L – база трактора, м;

$b_{1,2}, b_{3,4}$ – средняя ширина шин передней и задней осей соответственно, м;

$\theta_{1,2}, \theta_{3,4}$ – углы поворота передней и задней осей соответственно;

$r_{1,2}, r_{3,4}$ – свободные радиусы колес передней и задней осей соответственно, м;

Y_k – поперечное отклонение трактора, м.

Таким образом, условие достаточной курсовой устойчивости будет:

$$KD \leq KD_g,$$

где

KD_g – допустимая величина коридора движения. По расчетам, при междурядной обработке пропашных культур с трактором МТЗ-82К $KD_g = 0,26$ м.

Если выбрать культиватор КРН-2,4, то по известному выражению $0,1B = 0,24 \text{ м} < KД_g$ получается противоречие. Поэтому с предложениями, изложенными в [12], следует обращаться достаточно осторожно и при «особых» случаях, например, при ширине захвата пропашного культиватора $B > 2,6 \text{ м}$.

Отметим, что из-за бокового крена нагрузка на ходовые колеса распределяется неравномерно, в результате чего возникает поворачивающий момент, иногда достигающий 5000 Н·м на склоне 10° , из-за чего поперечное отклонение составляет 20 м на длине гона 100 м. Величина поворачивающего момента для колесных тракторов определяется по выражению:

$$M_n = f \cdot (R_1 - R_2) \cdot \frac{B}{2},$$

где

f – коэффициент сопротивления качению колес;

R_1, R_2 – сумма нормальных реакций переднего и заднего, нижних и верхних колес соответственно, Н;

B – колея трактора, м.

Перераспределение нагрузок значительно ухудшает тяговые качества трактора, возрастает сползание и буксование.

При движении машинно-тракторного агрегата вдоль горизонтали склона происходит самопроизвольный увод вниз по склону, приводящий к нарушению прямолинейного движения трактора и, как следствие, к увеличению непроизводительных затрат мощности, перерасходу топлива и, что очень важно, к недопустимому ухудшению качества выполняемого технологического процесса.

Потери мощности трактора, ухудшение управляемости и устойчивости МТА особенно значительны при работе на склоне с пересяченным рельефом, характеризующимся вогнутостью или выпуклостью кривых горизонталей поверхности. Так, на выпуклом рельефе с углом склона в 5° потеря мощности составляет 6,2 кВт, а на склоне 12° составляет 16,5 кВт [11].

Сохранение параллельности продольной оси МТА и касательных к кривым горизонталям поверхности поля не даёт возможности полностью избежать отклонения от заданного направления движения. Изменчивый характер

почвы и грунта постоянно перемещает трактор вниз по склону, поэтому параллельно с работами по улучшению работы МТА, безусловно, следует вести также исследования по разработке стабилизатора направления движения МТА.

Способность МТА сохранять (следовать) заданное направление движения – важнейший показатель функционирования динамической механической системы. Нарушение курсовой устойчивости не только приводит к изменению ширины захвата агрегата, но и порождает большие опасности снижения качества работы при возделывании пропашных культур на склонах – прямолинейность высаживаемых рядов; чрезмерное изменение стыковых междурядий; увеличение степени повреждения культурных растений (большие значения агротехнических допусков) и т. д.

Согласно нашим исследованиям и имеющейся информации из научных литературных источников курсовая устойчивость колесного МТА нарушается в основном из-за наличия следующих трех факторов: увод колес; поворачивающий момент; перемещение вниз по склону из-за изменчивости объёмного коэффициента смятия почвы по длине гона и по ширине захвата агрегата.

В противоположность известным положениям о том, что агрегат сползает вниз по склону, мы считаем, что МТА может сползать по склону вниз, если угол α данного склона больше угла внешнего трения ходовых органов, т. е. $\alpha > \varphi$.

Известно, что условие устойчивого прямолинейного движения машины описывается величиной критической скорости движения:

$$V_{kp} = \sqrt{\frac{K_{Y_1} \cdot K_{Y_2} \cdot (\ell_1 + \ell_2)}{m \cdot (\ell_1 \cdot K_{Y_1} - \ell_2 \cdot K_{Y_2})}},$$

где

K_{Y_1}, K_{Y_2} – коэффициенты сопротивления уводу передней и задней осей машины соответственно;

ℓ_1, ℓ_2 – расстояния от центра масс машины передней и задней осей соответственно;

m – масса машины.

При работе на склоне машин, взаимодействующих с почвенной средой (культиватор, плуг, сеялка и др.), устойчивость прямолинейного движения МТА можно улучшить ре-

гулированием величины боковой реакции (например, полевой доски) путем изменения направления силы тяги в вертикально-продольной плоскости.

На потери курсовой устойчивости МТА значительное влияние оказывает изменчивый характер физико-технологических свойств почвы и грунта.

При работе в таких почвенных условиях, даже если нет сползания трактора вниз по склону, т. е. $\alpha < \varphi = 20^\circ$, где α – угол склона, φ – угол трения ходовой части о почву), всё равно происходит процесс перемещения агрегата вниз.

Анализ известных научных материалов показывает, что наиболее рациональным решением проблемы повышения курсовой устойчивости мобильного сельскохозяйственного агрегата является создание и применение устройства стабилизации направления движения (УСНД) тракторного агрегата вдоль горизонтали склона.

В Горском ГАУ было разработано устройство, которое при движении машинно-тракторного агрегата поперёк склона обеспечивает поворот управляемых колёс в сторону подъёма на угол, величина которого определяется крутизной склона, что позволяет исключить самопроизвольный поворот трактора вниз по склону [11].

В идеальном случае этого было бы достаточно для того, чтобы удерживать МТА на горизонтали склона. Однако воздействие возмущения (рельеф, неоднородность почвы, изменение составляющих силы тяги и пр.) приводит к тому, что траектория движения МТА отклоняется от горизонтали, что обуславливает необходимость периодической коррекции траектории его движения.

Процесс коррекции траектории движения состоит из следующих этапов:

- установление направления и величины отклонения траектории движения агрегата от горизонтали склона;
- определение знака и интенсивности корректирующего воздействия;
- формирование корректирующего воздействия;
- отработка корректирующего воздействия.

Таким образом, устройство стабилизации направления движения вдоль горизонтали склона содержит основной контур стабилизации курса и вспомогательный контур коррекции по уклону, который начинает функционировать только при наличии продольного крена или отклонений агрегата от горизонтали под влиянием различных возмущающих воздействий [13].

Для оценки технологической эффективности применения стабилизирующего устройства направления движения были проведены экспериментальные исследования по определению степени повреждения культурных растений рабочими органами пропашного агрегата, оборудованного УСНД. Анализ полученных данных подтверждает технологическую эффективность применения на тракторе УСНД, нормализующего динамическую устойчивость пропашного агрегата в целом, способствующего повышению допустимых скоростей движения агрегата на склоне. Таким образом, УСНД способствует сокращению подрезаний культурных растений рабочими органами культиватора и, как следствие, повышается качество технологического процесса и производительность машинно-тракторного агрегата.

Техническая эффективность стабилизатора с увеличением крутизны склона более высокая, что говорит о том, что УСНД быстрее реагирует на изменение внешних возмущающих факторов.

Выводы. Установлено весомое влияние микрорельефа поля и изменчивости почвы на устойчивость движения машинно-тракторного агрегата на склоне.

Для повышения динамико-технологических характеристик МТА на склоне необходимо оборудовать трактор устройством автоматической стабилизации направления движения.

Устройству стабилизации направления движения с двухконтурной угловой коррекцией свойственно наличие систематической ошибки на уровне, величина которой возрастает с увеличением крутизны склона. Компенсация этой ошибки возможна при периодическом использовании ориентиров горизонталей через каждые 20–30 м прохода МТА.

Список литературы

1. Исследование движения колесного трактора на склоне / Ю. А. Шекихачев, В. Х. Мишхожев, Л. З. Шекихачева [и др.] // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2019. № 4 (26). С. 81–86. EDN: NXIKNV
2. Повышение эксплуатационной надежности сельскохозяйственных машин / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, Л. М. Хажметов [и др.] // Техника и оборудование для села. 2023. № 4(310). С. 12–16. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-4-12-16. EDN: HHJDDY
3. Апажев А. К., Шомахов Л. А., Шекихачев Ю. А. Экономико-математическая модель оптимизации парка машин для садоводства на террасированных склонах // Экономические, био-техно-технологические аспекты устойчивого сельского развития в условиях цифровой трансформации: сб. науч. тр. по итогам VII Международной научно-практической конференции памяти Б. Х. Жерукова. Нальчик, 2019. С. 6–10. EDN: BVUBKF
4. Технологическое и техническое обеспечение повышения эффективности интенсивного горного и предгорного садоводства / А. Л. Хажметова, А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев [и др.] // Техника и оборудование для села. 2019. № 6(264). С. 23–28. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-6-23-28. EDN: NERVCY
5. Апажев А. К., Егожев А. М., Алиев Н. А., Апхудов Х. А. Устройство для обработки зоны приствольного круга интенсивного сада на склоновых землях // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 2 (44). С. 75–81. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-2-44-75-81. EDN: PEZRYL
6. Шомахов Л. А., Шекихачев Ю. А., Балкаров Р. А. Машины по уходу за почвой в садах на горных склонах // Садоводство и виноградарство. 1999. № 1. С. 7.
7. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Хажметов Л. М. Рациональные параметры и режимы работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53. № 2. С. 138–143. EDN: WCFZTV
8. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Хажметов Л. М. Рациональные параметры и режимы работы комбинированного почвообрабатывающего шлейфа // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53. № 2. С. 146–151. EDN: WCFZUP
9. Хажметова А. Л., Карданов Р. А., Хажметов Л. М. К вопросу совершенствования машин для обработки приствольных полос плодовых насаждений в террасном садоводстве // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 2(32). С. 89–94. EDN: PBNNCW
10. Колесные тракторы для работы на склонах / П. А. Амельченко, И. П. Ксенович, В. В. Гуськов, А. И. Якубович. Москва: Машиностроение, 1978. 248 с. EDN: WINJFR
11. Кудзиев К. Д., Кудзаев А. Б. Динамика колесного трактора на склонах. Владикавказ: ГППИ «РУХС», 2022. 104 с.
12. Шахов В. А., Тарасова С. В., Асманкин Е. М., Обоснование способа теоретического исследования траекториальной устойчивости мобильных энергетических средств в условиях склонного земледелия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 5. С. 81–83. EDN: RHAAAP
13. А. с. 1391519 СССР, МПК А01В 69/04. Система автоматического вождения тракторного агрегата на склонах / К. Д. Кудзиев, С. С. Калаев, М. С. Льянов. № 3963806; заявл. 11.10.1985; опубл. 30.04.1988, Бюл. №16. EDN: WTJEXD

References

1. Shekihachev Yu.A., Mishkhozhev V.H., Shekihacheva L.Z. [et al.]. Study of wheel tractor movement on slope. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2019;4(26):81–86. (In Russ.). EDN: NXIKNV
2. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A., Khazhmetov L.M. [et al.]. Improving the operational reliability of agricultural machines. *Machinery and equipment for rural area*. 2023;4(310):12–16. (In Russ.). DOI: 10.33267/2072-9642-2023-4-12-16. EDN: HHJDDY
3. Apazhev A.K., Shomakhov L.A., Shekihachev Yu.A. Economic and mathematical model for optimizing the fleet of machines for gardening on terraced slopes. *Ekonomicheskie, bio-tekhniko-tehnologicheskie aspekty ustojchivogo sel'skogo razvitiya v usloviyah cifrovoj transformacii: sb. nauch. tr. po itogam VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii pamyati B.H. ZHerukova* [Economic, bio-

technical and technological aspects of sustainable rural development in the context of digital transformation: collection of scientific papers following the results of the VII International Scientific and Practical Conference in memory of B.Kh. Zherukov]. Nalchik, 2019. Pp. 6–10. (In Russ.). EDN: BVUBKF

4. Khazhmetova A.L., Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A. [et al.]. Technological and technical support for improving the efficiency of intensive mountain and foothill gardening. *Machinery and equipment for rural area*. 2019;6(264):23–28. (In Russ.). DOI: 10.33267/2072-9642-2019-6-23-28. EDN: NERVCY

5. Apazhev A.K., Egozhev A. M., Aliev N. A., Apkhudov Kh. A. A device for processing the zone of the trunk circle of an intensive garden on sloping lands. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2024;2(44):75–81. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-2-44-75-81. EDN: PEZRYL

6. Shomakhov L.A., Shekikhachev Yu.A., Balkarov R.A. Machines for soil care in gardens on mountain slopes. *Horticulture and viticulture*. 1999;(1):7. (In Russ.)

7. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M. Rational parameters and operating modes of the combined soil-cultivating unit. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2016;53(2):138–143. (In Russ.). EDN: WCFZTV

8. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M. Rational parameters and operating modes of the combined soil-cultivating planer. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University* 2016;53(2):146–151. (In Russ.). EDN: WCFZUP

9. Khazhmetova A.L., Kardanov R.A., Khazhmetov L.M. The issue of improving machines for processing trunk strips of fruit plantations in terrace gardening. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;2(32):89–94. (In Russ.). EDN: PBNNCW

10. Amelchenko P.A., Ksenevich I.P., Guskov V.V., Yakubovich A.I. *Kolesnye traktory dlya raboty na sklonah* [Wheeled tractors for work on slopes]. Moscow: Mashinostroenie, 1978. 248 p. (In Russ.). EDN: WINJFR

11. Kudziev K.D., Kudzaev A.B. *Dinamika kolesnogo traktora na sklonah* [Dynamics of a wheeled tractor on slopes]. Vladikavkaz: GPPI "RUHS", 2022. 104 p. (In Russ.)

12. Shakhov V.A., Tarasova S.V., Asmankin Ye.M. Substantiation of the practice of theoretical research on the trajectory stability of mobile energy facilities under the conditions of hillside farming. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2013;(5):81–83. (In Russ.). EDN: RHAAAP

13. A. s. 1391519 SSSR, Int. Cl. A01B 69/04. Sistema avtomaticheskogo vozhdeniya traktornogo agregata na sklonah. K.D. Kudziev, S.S. Kalaev, M.S. L'yanov; zayavitel' i patentoobladatel' Gorskiy sel'skokozyajstvennyj institut; application 11.10.1985; publ. 30.04.1988. Bull. № 16. (In Russ.). EDN: WTJEXD

Сведения об авторах

Кудзиев Казбек Дмитриевич – кандидат технических наук, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 9355-4280

Кубалов Мухтарбек Агубеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 4923-6000

Агузаров Алан Маирбекович – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 2360-1535

Information about the authors

Kazbek D. Kudziev – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 9355-4280

Mukhtarbek A. Kubalov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN- code: 4923-6000

Alan M. Aguzarov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 2360-1535

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 09.04.2025;
одобрена после рецензирования 29.04.2025;
принята к публикации 07.05.2025.*

*The article was submitted 09.04.2025;
approved after reviewing 29.04.2025;
accepted for publication 07.05.2025.*

Научная статья

УДК 631.312.024

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-67-75

Оптимизация параметров плужного лемеха с дополнительными элементами для крошения почвы

Владимир Станиславович Курасов^{✉1}, Дмитрий Александрович Дмитриев²,
Валерий Викторович Цыбулевский³

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, улица Калинина, 13,
Краснодар, Россия, 350044

^{✉1}kurasoff@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-5519-4998>

²dmitrydinskoy@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0000-3376-4603>

³valera-1913@mail.ru

Аннотация. Отвальная вспашка является неотъемлемым элементом большинства технологий возделывания полевых сельскохозяйственных культур, а также плодовых насаждений. Вспашка является одной из самых трудоемких и энергоемких операций. В структуре энергозатрат она занимает до 40%. Поэтому снижение расхода топлива при вспашке является актуальной задачей. На основании анализа научно-технической информации и поисковых исследований авторами было сделано следующее предположение: установка на лезвиях плужного корпуса и предплужника дополнительных рабочих элементов в форме тетраэдра должно снизить тяговое сопротивление плуга, а соответственно, и расход топлива. Модернизирован был плуг ПНУ-5-35. Для опытной проверки этого предположения были изготовлены тетраэдры – по три на каждый лемех корпуса плуга и по два на каждый предплужник. Тетраэдры расположены с шагом, предотвращающим забивание почвы и растительных остатков между ними. Экспериментально подтверждено, что установка на лезвиях лемехов корпуса плуга и предплужников дополнительных рабочих элементов в форме тетраэдров снижает расход топлива. Наименьший расход топлива при вспашке на глубину 23–25 см пахотным агрегатом в составе трактора Т-150К и модернизированного плуга ПНУ-5-35 достигается при скорости движения агрегата 7,4 км/ч, длине тетраэдров 0,094 м и шаге их расстановки 0,123 м. По сравнению с контролем (трактор Т-150К и заводской плуг ПНУ-5-35), удельный расход топлива снизился на 3,4 л/га и составил 36,2 л/га. Установлена область рациональных параметров, при которых расход топлива составляет меньше 37 л/га: скорость пахотного агрегата 6,4–8,3 км/ч, длина тетраэдров 0,084–0,104 м, шаг расстановки тетраэдров 0,105–0,140 м.

Ключевые слова: вспашка, почва, плуг, лемех, тетраэдр, расход топлива

Для цитирования: Курасов В. С., Дмитриев Д. А., Цыбулевский В. В. Оптимизация параметров плужного лемеха с дополнительными элементами для крошения почвы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 67–75.

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-67-75

Original article

Optimization of plowshare parameters with additional elements for soil crumbling

Vladimir S. Kurasov^{✉1}, Dmitry A. Dmitriev², Valery V. Tsybulevsky³

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 13 Kalinina Street, Krasnodar, Russia, 350044

^{✉1}kurasoff@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-5519-4998>

²dmitrydinskoy@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0000-3376-4603>

³valera-1913@mail.ru

Abstract. Moldboard plowing is an integral element of most technologies for cultivating field crops, as well as fruit plantations. Plowing is one of the most labor-intensive and energy-intensive operations. It takes up to 40% of the energy costs. Therefore, reducing fuel consumption during plowing is an urgent task. Based on the analysis of scientific and technical information and exploratory studies, we made the following assumption: installing additional working elements in the form of a tetrahedron on the blades of the plow body and skimmer should reduce the traction resistance of the plow, and accordingly, fuel consumption. The PNU-5-35 plow was modernized. To experimentally test this assumption, we made tetrahedrons – three for each share of the plow body and two for each skimmer. The tetrahedrons are located with a step that prevents clogging of soil and plant residues between them. It has been experimentally confirmed that installation of additional working elements in the form of tetrahedrons on the blades of the ploughshares of the plough body and coulters reduces fuel consumption. The lowest fuel consumption when ploughing to a depth of 23–25 cm by plowing units consisting of the T-150K tractor and the modernized PNU-5-35 plough is achieved at a unit speed of 7.4 km/h, a tetrahedron length of 0.094 m and a spacing of 0.123 m. Compared with the control (T-150K tractor and factory PNU-5-35 plough), the specific fuel consumption decreased by 3.4 l/ha and amounted to 36.2 l/ha. The area of rational parameters has been established, at which fuel consumption is less than 37 l/ha: the speed of the plowing unit is 6.4–8.3 km/h, the length of the tetrahedrons is 0.084–0.104 m, the step of the tetrahedron arrangement is 0.105–0.140 m.

Keywords: plowing, soil, plow, ploughshare, tetrahedron, fuel consumption

For citation: Kurasov V.S., Dmitriev D.A., Tsybulovsky V.V. Optimization of plowshare parameters with additional elements for soil crumbling. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):67–75. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-67-75

Введение. Вспашка, несмотря на развитие альтернативных способов обработки почвы, по-прежнему остается важным элементом многих агротехнологий [1, 2]. Однако высокая энергоемкость вспашки, обусловленная значительным тяговым сопротивлением плугов, оказывает существенное влияние на экономическую эффективность производства сельскохозяйственной продукции [3, 4]. Рост цен на топливо стимулирует поиск инновационных решений, направленных на снижение тягового сопротивления плугов [5]. Разработка и внедрение новых конструкций, материалов и технологий, позволяющих уменьшить сопротивление плуга при обработке почвы, открывает перспективы для повышения рентабельности сельскохозяйственного производства. В этой работе упор делается на внедрении дополнительных элементов для плужного лемеха, обеспечивающих предварительное разрушение пласта почвы с образованием равноразмерных частиц, облегчающих подрезку пласта, его подъем по отвалу, а также последующий оборот.

Цель исследования – определить оптимальные размеры дополнительных элементов, их наилучшее расположение на рабочей поверхности лемеха, а также скорость пахотно-

го агрегата, обеспечивающие снижение тягового сопротивления плуга, а соответственно, и расход топлива.

Материалы, методы и объекты исследования. Материал исследования – пахотный агрегат в составе трактора Т-150К и модернизированного плуга ПНУ-5-35. Метод исследования – полевой опыт с использованием многофакторного планирования эксперимента.

Исследование базируется на трехфакторном эксперименте симметричного композиционного плана типа В_к. Объектом исследования являются конструктивно-эксплуатационные характеристики плуга, укомплектованного лемехами с дополнительными элементами в виде тетраэдров, а также технологический процесс отвальной вспашки модернизированным плугом.

Результаты исследования. Исследование проводилось с 10.10.2024 по 23.10.2024 г. на полях валидационного полигона Новокубанского филиала ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ). Была произведена вспашка почвы на поле площадью 72 га. В качестве контроля использовался пахотный агрегат в составе трактора Т-150К и заводского плуга ПНУ-5-35. Показатели качества выполнения технологического процесса (гребнистость и

крошение почвы) у обоих плугов соответствовали агротехническим требованиям.

Для снижения тягового сопротивления лемеха плуга и предплужников были оснащены дополнительными элементами тетраэдрической конфигурации (тетраэдры), образующими с ними монолитную конструкцию с выступом их остроконечных частей и разме-

щенными с шагом, предотвращающим забивание почвы и растительных остатков между ними [6]. На плужном лемехе установлено три тетраэдра, а на предплужнике – два [7, 8]. При этом тетраэдры установлены параллельно между собой, а их вершины сонаправлены к носку лемеха (рис. 1).

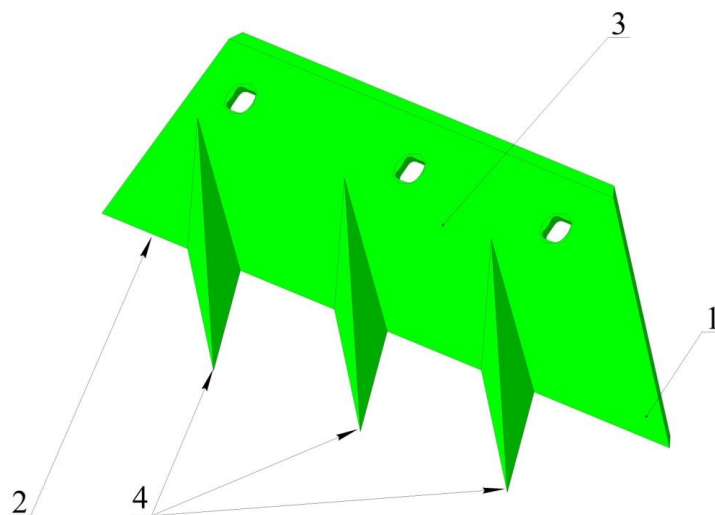


Рисунок 1. Общий вид лемеха с дополнительными элементами для крошения почвы в виде тетраэдров:

1 – носок лемеха; 2 – лезвие лемеха; 3 – рабочая поверхность лемеха;
4 – тетраэдры

Figure 1. General view of the tiller with additional elements for grinding soil in the form of tetrahedra:

1 – ratchet sock; 2 – ratchet blade; 3 – lathe working surface; 4 – tetrahedral

Треугольные основания тетраэдров в поперечном сечении под углом образованы рабочей поверхностью лемеха, их нижняя горизонтальная грань установлена в одной плоскости с лезвием лемеха и параллельна поверхности почвы, а ее биссектриса параллельна рабочему направлению носка лемеха. Угол раствора ребер, образующих острие тетраэдров, составляет 25–30°.

Для проведения эксперимента был выбран симметричный композиционный план типа Вк [9–11]. По результатам поисковых исследований в качестве управляемых факторов были выбраны: скорость пахотного агрегата (V), км/ч; длина тетраэдров (l), м; шаг расстановки тетраэдров (P), м (табл. 1). Глубина вспашки составляла 23–25 см. Повторность была принята трехкратной.

Таблица 1. Факторы, уровни и интервалы их варьирования
Table 1. Factors, levels and intervals of their variation

Факторы	Обозначение	Интервал варьирования	Уровни факторов		
			–1	0	+1
Скорость пахотного агрегата (V), км/ч	X_1	1,5	6	7,5	9
Длина тетраэдров (l), м	X_2	0,03	0,085	0,115	0,145
Шаг расстановки тетраэдров (P), м	X_3	0,02	0,10	0,12	0,14

Длину и шаг расстановки тетраэдров изменяли путем монтажа соответствующих лемехов, изготовленных по заданным параметрам. Для определения эксплуатационных показателей работы агрегата его скорость установили,

засекая секундомером время прохождения участка длиной 100 м, а контроль расхода топлива осуществлялся датчиком уровня топлива 56.3827 ХТЗ-17221 [5]. Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 2.

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента
Table 2. Pilot planning matrix

Кодированное значение переменных			Натуральное значение переменных			Расход топлива (Q), л/га
x_1	x_2	x_3	скорость пахотного агрегата (V), км/ч	длина тетраэдров (l), м	шаг расстановки тетраэдров (P), м	
+1	+1	+1	9	0,145	0,14	47,019
-1	+1	+1	6	0,145	0,14	37,072
+1	-1	+1	9	0,085	0,14	40,146
-1	-1	+1	6	0,085	0,14	33,295
+1	+1	-1	9	0,145	0,10	32,715
-1	+1	-1	6	0,145	0,10	34,251
+1	-1	-1	9	0,085	0,10	32,658
-1	-1	-1	6	0,085	0,10	44,744
+1	0	0	9	0,115	0,12	38,603
-1	0	0	6	0,115	0,12	34,966
0	+1	0	7,5	0,145	0,12	38,457
0	-1	0	7,5	0,085	0,12	34,943
0	0	+1	7,5	0,115	0,14	39,546
0	0	-1	7,5	0,115	0,10	33,774

В результате анализа экспериментальных данных было получено следующее уравнение:

$$Y = 36,195 + 0,677x_1 + 0,373x_2 + 1,893x_3 + 1,706x_1x_2 + 3,803x_1x_3 + 2,636x_2x_3 + 0,581x_1^2 + 0,497x_2^2 + 0,456x_3^2, \quad (1)$$

где

Y – расход топлива, л/ч;

x_1 – кодированное значение скорости пахотного агрегата;

x_2 – кодированное значение длины тетраэдров;

x_3 – кодированное значение шага расстановки тетраэдров.

Для преобразования кодированных величин факторов в действительные показатели согласно общепринятой методике [10] использовали следующие соотношения:

$$\begin{aligned} X_1 &= 1,5x_1 + 7,5; \\ X_2 &= 0,03x_2 + 0,115; \\ X_3 &= 0,02x_3 + 0,12, \end{aligned} \quad (2)$$

где

X_1 – скорость пахотного агрегата, км/ч;

X_2 – длина тетраэдров, м;

X_3 – шаг расстановки тетраэдров, м.

Статистическую значимость коэффициентов уравнения (1) оценили по критерию Стьюдента [9], предварительно вычислив доверительный интервал:

$$db_0 = 0,9305; \quad db_i = 0,1637;$$

$$db_{ij} = 0,1482; \quad db_{ii} = 0,2006$$

при $t = 2,57$.

Для верификации адекватности математической модели был задействован статистический метод, основанный на F-критерии Фишера [9], с использованием экспериментальных данных, полученных в центре плана (табл. 3).

Уравнение (1) адекватно, т. к.
 $F_{\text{табл}} = 4,74 \geq F_{\text{расч}} = 3,506$.

Таблица 3. Опыты в центре плана
Table 3. Experiences at the centre of the plan

Кодированное значение переменных			Натуральное значение переменных			Расход топлива (Q), л/га
x_1	x_2	x_3	скорость пахотного агрегата (V), км/ч	длина тетраэдров (l), м	шаг расстановки тетраэдров (P), м	
0	0	0	7,5	0,115	0,12	36,189
0	0	0	7,5	0,115	0,12	34,101
0	0	0	7,5	0,115	0,12	36,645
0	0	0	7,5	0,115	0,12	35,892
0	0	0	7,5	0,115	0,12	37,047

Для нахождения оптимальных параметров продифференцируем уравнение (1) отдельно по каждому фактору, чтобы получить систему линейных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx_1} = 0,677 + 1,161x_1 + 1,706x_2 + 3,803x_3; \\ \frac{dy}{dx_2} = 0,373 + 1,706x_1 + 0,993x_2 + 2,636x_3; \\ \frac{dy}{dx_3} = 1,893 + 3,803x_1 + 2,636x_2 + 0,913x_3. \end{cases} \quad (3)$$

Решив систему (3), получим координаты центра поверхности отклика: $x_1 = -0,0427$; $x_2 = -0,7098$; $x_3 = +0,1535$. Расход топлива при этих значениях составил $Q = 36,2$ л/га.

Для определения натуральных координат факторного пространства использовали формулы переходы от кодированных значений факторов к натуральным [4]:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{V - 7,5}{1,5}, \\ x_2 &= \frac{l - 0,115}{0,03}, \\ x_3 &= \frac{P - 0,12}{0,02}. \end{aligned} \quad (4)$$

После подстановки экспериментальных данных в выражения (4) имеем: $V = 7,44$ км/ч, $l = 0,094$ м, $P = 0,123$ м.

Для оценки влияния каждого фактора на расход топлива в зоне оптимума проведем каноническое преобразование уравнения (1) по методике, изложенной в [9], принимая по очереди один из факторов как оптимальный.

Подставим $x_3 = +0,1535$ в уравнение (1), тем самым получим:

$$Y_{12} = 36,496 + 1,260x_1 + 0,778x_2 + 1,706x_1x_2 + 0,581x_1^2 + 0,497x_2^2, \quad (5)$$

где

Y_{12} – расход топлива (кг/га) при взаимодействии 1-го и 2-го факторов, когда 3-й фактор находится в центре плана эксперимента.

Каноническое уравнение поверхности отклика в этом случае примет вид:

$$Y_{12} - 36,193 = 1,392X_1^2 - 0,315X_2^2. \quad (6)$$

Построим семейство линий равного выхода (рис. 2) путем подстановки переменных в уравнение (6).

Из рисунка 2 следует, что длина тетраэдров оказывает меньшее влияние на тяговое сопротивление агрегата, чем скорость пахотного агрегата.

Подставив $x_2 = -0,7098$ в уравнение (1), получим следующее уравнение:

$$Y_{13} = 36,180 - 0,534x_1 + 0,022x_3 + 3,803x_1x_3 + 0,581x_1^2 + 0,456x_3^2. \quad (7)$$

Каноническое уравнение поверхности отклика в этом случае имеет вид:

$$Y_{13} - 36,193 = 2,421X_1^2 - 1,384X_3^2. \quad (8)$$

Построим семейство линий равного выхода (рис. 3) путем подстановки переменных в уравнение (8).

Из рисунка 3 следует, что шаг расстановки тетраэдров оказывает меньшее влияние на тяговое сопротивление агрегата, чем его скорость.

Подставив $x_1 = -0,0427$ в уравнение (1), получим:

$$Y_{23} = 36,167 + 0,300x_2 + 1,731x_3 + 2,636x_2x_3 + 0,497x_2^2 + 0,456x_3^2. \quad (9)$$

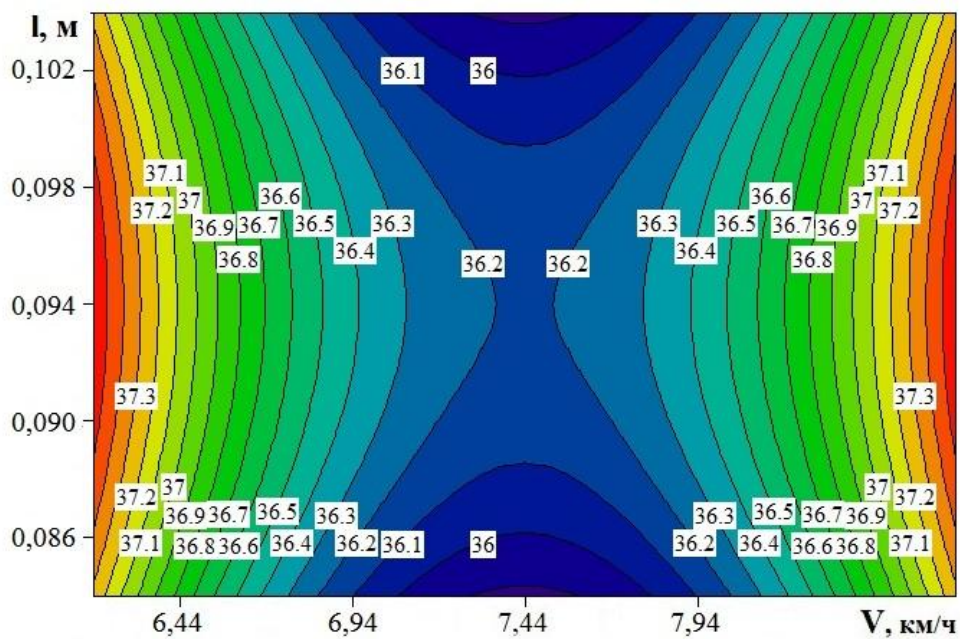


Рисунок 2. Двумерное сечение поверхности отклика зависимости расхода топлива от скорости пахотного агрегата и длины тетраэдров

Figure 2. Two-dimensional section of the response surface fuel from crop aggregate speed and tetrahedron length

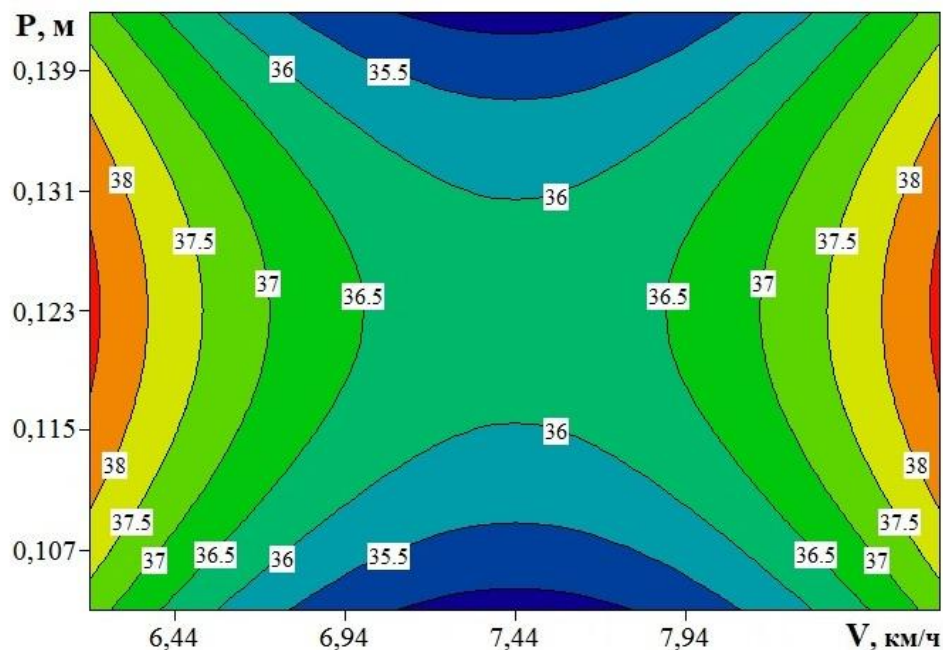


Рисунок 3. Двумерное сечение поверхности отклика зависимости расхода топлива от скорости пахотного агрегата и шага расстановки тетраэдров

Figure 3. Two-dimensional cross section of the surface response of the fuel consumption to the speed of the crop aggregate and the step of the tetrahedron placement

Каноническое уравнение поверхности отклика в этом случае имеет вид:

$$Y_{23} - 36,193 = 1,795X_2^2 - 0,842X_3^2. \quad (10)$$

Построим семейство линий равного выхода (рис. 4) путем подстановки переменных в уравнение (10).

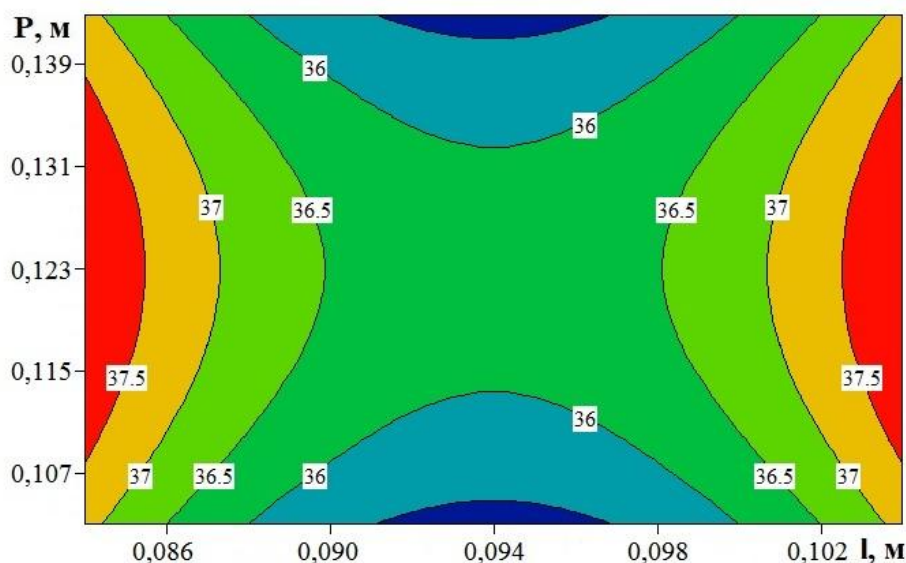


Рисунок 4. Двумерное сечение поверхности отклика зависимости расхода топлива от длины тетраэдров и шага расстановки тетраэдров

Figure 4. Two-dimensional ratio of the surface response of the fuel consumption to the length of the tetrahedron and step of the tetrahedron placement

Из рисунка 4 следует, что длина тетраэдров оказывает меньшее влияние на тяговое сопротивление агрегата, чем их шаг расстановки.

Выводы. 1. Экспериментально подтверждено, что установка на лезвиях лемехов корпуса плуга и предплужников дополнительных рабочих элементов в форме тетраэдров снижает расход топлива.

2. Наименьший расход топлива при вспашке на глубине 23–25 см пахотным агрегатом в составе трактора Т-150К и модернизированного плуга ПНУ-5-35 достигается при

скорости движения агрегата 7,4 км/ч, длине тетраэдров 0,094 м и шаге их расстановки 0,123 м. По сравнению с контролем (трактор Т-150К и заводской плуг ПНУ-5-35), удельный расход топлива снизился на 3,4 л/га и составил 36,2 л/га.

3. Область рациональных параметров, при которых расход топлива составляет меньше 37 л/га, на основании анализа графиков на рисунках 3, 5 и 7 следующая: скорость пахотного агрегата 6,4–8,3 км/ч, длина тетраэдров 0,084–0,104 м, шаг расстановки тетраэдров 0,105–0,140 м.

Список литературы

1. Абликов В. А., Трубилин Е. И., Северин Ю. Д. Элементы теории и расчета сельскохозяйственных машин: учеб. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2001. 200 с.
2. Дмитриев Д. А., Курасов В. С. Основные направления снижения расхода топлива и повышения качества рыхления почвы при отвальной вспашке // Вектор современной науки: сб. тез. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. / отв. за вып. А. Г. Коцаев. Краснодар: КубГАУ, 2022. С. 804–805. EDN: PFVCFS
3. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Е. С. Босой, О. В. Верняев, И. И. Смирнов, Е. Г. Султан-Шах. Москва: Машиностроение, 1977. 568 с.
4. Оптимизация параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата по критерию минимума тягового сопротивления / Х. Х. Ашабоков, А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2019. № 2(36). С. 32. EDN: ERCQEK
5. Сайт министерства сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс]: Информационный сервер. URL: <http://www.mcsx.ru>
6. Пат. 2837870 Российская Федерация, МПК A01B 13/14. Плуг / Д. А. Дмитриев, В. С. Курасов; патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина. № 2024135592; заявл. 28.11.2024; опубл. 07.04.2025, Бюл. № 10.

7. Пат. 231786 Российская Федерация, МПК А01В 15/04. Лемех / Д. А. Дмитриев, В. С. Курасов; патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. № 2024135615; заявл. 28.11.2024; опубл. 11.02.2025, Бюл. № 5.
8. Пат. 231903 Российская Федерация, МПК А01В 15/04. Корпус плуга / В. С. Курасов, Д. А. Дмитриев; патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина. № 2024135614; заявл. 28.11.2024; опубл. 17.02.2025, Бюл. № 5.
9. Лунев В. А. Математическое моделирование и планирование эксперимента. Санкт-Петербург: Изд-во политехнического университета, 2012, 154 с. ISBN 5-7422-1023-X
10. Мельников С. В., Алешкин В. Р., Рощин П. М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Ленинград: Колос, 1980. 168 с.
11. Юдин М. И. Планирование эксперимента и обработка его результатов: монография. Краснодар: КубГАУ, 2004. 239 с.

References

1. Ablikov V.A., Trubilin E.I., Severin Yu.D. *Elementy teorii i rascheta sel'skhozaystvennykh mashin: ucheb. posobie*. [Elements of the theory and calculation of agricultural machinery: textbook. Manual. KGAU]. Krasnodar: KubGAU. 2001. 200 p. (In Russ.)
2. Dmitriev D.A., Kurasov V.S. Main directions of reducing fuel consumption and improving the quality of soil loosening during moldboard plowing. *Vektor sovremennoj nauki: sb. tez. po materialam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.; otv. za vyp. A.G. Koshchae*v [Vector of modern science: collection of abstracts based on materials of the International scientific and practical conference; responsible for the issue A. G. Koshchaev]. Krasnodar: KubGAU, 2022. Pp. 804-805. (In Russ.). EDN: PFVCF5
3. Bosoy E.C., Vernyaev O.V., Smirnov I.I., Sultan-Shah E.G. *Teoriya, konstrukciya i raschet sel'skhozaystvennykh mashin* [Theory, design and calculation of agricultural machinery]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1977. 568 p. (In Russ.)
4. Ashabokov H.H., Apazhev A.K., Shekhiachev Yu.A. [et al.]. Optimization of parameters and operating modes of a plowing and milling unit based on the criterion of minimum traction resistance. *AgroEkoInfo*. 2019;2(36):32. (In Russ.). EDN: ERCQEK.
5. Website of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation [Electronic resource]: Information server. URL: <http://www.mcx.ru>. (In Russ.)
6. Pat. 2837870 Russian Federation, Int. Cl. A01B 13/14. Plough. D.A. Dmitriev, V.S. Kurasov; patent holder Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T. Trubilina. No. 2024135592; application 28.11.2024; publ. 07.04.2025, Bull. No. 10. (In Russ.)
7. Pat. 231786 Rossijskaya Federaciya, MPK A01B 15/04. Lemekh / D. A. Dmitriev, V. S. Kurasov; patentoobladatel' Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T.Trubilina. № 2024135615; yayavl. 28.11.2024; opubl. 11.02.2025, Byul. № 5. (In Russ.)
8. Pat. 231903 Rossijskaya Federaciya, MPK A01B 15/04. Korpus pluga. V.S. Kurasov, D.A. Dmitriev; patentoobladatel' Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T. Trubilina. № 2024135614; yayavl. 28.11.2024; opubl. 17.02.2025, Byul. № 5. (In Russ.)
9. Lunev V.A. *Matematicheskoe modelirovaniye i planirovaniye eksperimenta* [Mathematical modeling and experimental planning]. Saint Petersburg: Izd-vo politekhnicheskogo universiteta, 2012, 154 p. ISBN 5-7422-1023-X. (In Russ.)
10. Melnikov S.V., Aleshkin V.R., Roshchin P.M. *Planirovaniye eksperimenta v issledovaniyakh sel'skhozaystvennykh processov* [Experimental planning in studies of agricultural processes]. Leningrad: Kolos, 1980. 168 p.
11. Yudin M.I. *Planirovaniye eksperimenta i obrabotka ego rezul'tatov: monografiya* [Planning an experiment and processing its results: monograph]. Krasnodar: KubGAU, 2004. 239 p.

Сведения об авторах

Курасов Владимир Станиславович – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Тракторы, автомобили и техническая механика», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 7925-1853

Дмитриев Дмитрий Александрович – аспирант кафедры «Тракторы, автомобили и техническая механика», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 9819-3600

Цыбулевский Валерий Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Тракторы, автомобили и техническая механика», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 6256-1807

Information about the authors

Vladimir S. Kurasov – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Tractors, Automobiles and Technical Mechanics, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 7925-1853

Dmitry A. Dmitriev – Postgraduate student of the Department of Tractors, Automobiles and Technical Mechanics, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 9819-3600

Valeriy V. Tsybulovsky – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Tractors, Automobiles and Technical Mechanics, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 6256-1807

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 14.05.2025;
одобрена после рецензирования 04.06.2025;
принята к публикации 11.06.2025.*

*The article was submitted 14.05.2025;
approved after reviewing 04.06.2025;
accepted for publication 11.06.2025.*

Научная статья

УДК 664.143.72

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-76-86

Оптимизация процесса дражирования семян: моделирование и экспериментальная верификация

Артур Мухамедович Сохроков^{✉1}, Амур Григорьевич Фиापшев²,
Марат Мухамедович Хамоков³, Люда Зачиевна Шекихачева⁴

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}ya.kantik-2013@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0873-7715>

²energo.kbr@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3080-0901>

³h-mm_1@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4736-1546>

⁴sh-ludmila-z@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5987-1500>

Аннотация. В статье проанализированы современные дражировочные аппараты, функционирующие на основе технологии нанесения на семена защитно-стимулирующей оболочки методом окатывания, сферы их эксплуатации и систематизированы ключевые эксплуатационные ограничения. На основании проведенной оценки установлено, что в сегменте рассматриваемого оборудования значительный потенциал демонстрируют комбинированные смесители-дражирователи, оснащенные спиральным механизмом. Исследование алгоритмов, описывающих формирование оболочек из сыпучих субстратов, выявило существенные ограничения современных подходов. Во-первых, большинство моделей требует трудоемкой калибровки с привлечением обширных экспериментальных данных. Во-вторых, их применимость ограничена процессами, где рост гранул (драже) с семенами обусловлен постепенным наслаиванием частиц мелких фракций наполнителя, что исключает описание систем с фиксированным распределением частиц по размерам. Дополнительными пробелами выступают: игнорирование динамики перемещения материала в рабочей зоне, недоучет разнородности фракционного состава, а также отсутствие учета сопутствующих эффектов (абразивный износ, термовоздействие). Наиболее адекватное описание кинетики гранулообразования демонстрируют стохастические методы, включающие вероятностные механизмы агломерации. При этом анализ моделей транспортировки сыпучих компонентов в барабанных установках с гладкой внутренней поверхностью позволил экстраполировать эти решения на спиральные аппараты – за счет декомпозиции спирали на цепь последовательных ячеек, имитирующих секции вращающегося барабана. Обоснована разработка гибридного алгоритма, объединяющего кинетику гранулообразования для барабанных и спиральных систем. Основой выбрана концепция «ресурс–потребитель», дополненная моделью прогнозирования оболочек для полидисперсных систем. Основное требование – учёт вариативности размеров гранул – «потребителей», что отразит зависимость роста слоя от исходного распределения частиц. Для верификации подхода проведен экспериментальный цикл: сравнение агломерации в аппаратах разного типа, мониторинг морфологии гранул и статистическая оценка отклонений модели от реальных данных. Решение этих задач повысит точность управления процессом дражирования в промышленных условиях.

Ключевые слова: барабанные дражирователи, семена сельскохозяйственных культур, формирование оболочек, гранулообразование, драже, адгезия покрытий, стохастические методы, кинетика гранулообразования

Для цитирования: Сохроков А. М., Фиापшев А. Г., Хамоков М. М., Шекихачева Л. З. Оптимизация процесса дражирования семян: моделирование и экспериментальная верификация // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 76–86. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-76-86

Original article

Optimization of the process of coating seeds: modeling and experimental verification

Artur M. Sokhrokov^{✉1}, Amur G. Fiapshev²,
Marat M. Khamokov³, Lyuda Z. Shekikhacheva⁴

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}ya.kantik-2013@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0873-7715>

²energo.kbr@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6300-0947>

³h-mm_1@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4736-1546>

⁴sh-ludmila-z@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5987-1500>

Abstract. The article analyzes modern pelleting machines that operate on the basis of the technology of applying a protective and stimulating coating to seeds using the rolling method, their areas of operation, and systematizes key operational limitations. The areas of their operation are analyzed in detail and the key operational limitations are systematized. Based on the assessment, it was found that in the segment of the equipment under consideration, combined mixers-pellets equipped with a spiral mechanism demonstrate significant potential. Research of algorithms describing the formation of shells from bulk substrates revealed significant limitations of modern approaches. Firstly, most models require labor-intensive calibration using extensive experimental data. Secondly, their applicability is limited to processes where the growth of granules (pellets) with seeds is due to the gradual layering of particles of small fractions of the filler, which excludes the description of systems with a fixed particle size distribution. Additional gaps include: ignoring the dynamics of material movement in the working area, underestimating the heterogeneity of the fractional composition, and failing to take into account accompanying effects (abrasive wear, thermal effects). The most adequate description of the kinetics of granule formation is demonstrated by stochastic methods, including probabilistic mechanisms of agglomeration. At the same time, the analysis of models of transportation of bulk components in drum units with a smooth inner surface made it possible to extrapolate these solutions to spiral devices – due to the decomposition of the spiral into a chain of successive cells simulating sections of a rotating drum. The development of a hybrid algorithm combining the kinetics of granule formation for drum and spiral systems is substantiated. The concept of "resource-consumer" is chosen as a basis, supplemented by a model for predicting shells for polydisperse systems. The main requirement is to take into account the variability of the sizes of "consumer" granules, which will reflect the dependence of the layer growth on the initial distribution of particles. To verify the approach, an experimental cycle was conducted: comparison of agglomeration in different types of devices, monitoring of granule morphology and statistical assessment of deviations of the model from real data. The solution of these problems will increase the accuracy of control of the pelleting process in industrial conditions.

Keywords: coating drum, seeds, shell formation, granulation, dragees, coating adhesion, stochastic methods, kinetics of granulation

For citation: Sokhrokov A.M., Fiapshev A.G., Khamokov M.M., Shekikhacheva L.Z. Optimization of the process of coating seeds: modeling and experimental verification. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;2(48):76–86. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-76-86

Введение. Методология моделирования процессов дражирования семян формируется под влиянием двух взаимосвязанных аспектов. Первый аспект обусловлен технико-эксплуатационными характеристиками оборудования (например, скоростью вращения ба-

рабана, температурным режимом) и параметрами технологического цикла (время обработки, влажность) [1–4]. Второй аспект, вытекающий из первого, концентрируется на идентификации доминирующего механизма массопереноса при формировании защитных слоев,

что требует учёта как адгезии частиц оболочки к семенам, так и их разрушения под действием абразивных и термических факторов [5].

Для решения этих задач в рамках исследования разработана гибридная модель «ресурс–потребитель», объединяющая процессы адгезии частиц оболочки к субстрату и их разрушения. Модель, относящаяся к категории непрерывных стохастических систем, оптимизирована для инженерных расчётов за счёт трёх ключевых особенностей:

- двусторонняя параметризация – учёт не только наращивания слоя, но и обратных процессов потери материала – позволяет моделировать динамический баланс ресурсов;

- адаптивность к гранулометрии – возможность корректировки под полидисперсные смеси с широким распределением частиц по размерам через введение фракционных весов;

- масштабируемость алгоритмов – совместимость с цифровыми платформами для динамического прогнозирования – упрощает интеграцию модели в промышленные системы управления.

Основным преимуществом подхода является его способность воспроизводить нелинейные эффекты взаимодействия частиц в гетерогенных средах [2].

Цель исследования – разработка и экспериментальная верификация математической модели нанесения защитно-стимулирующих оболочек на мелкоразмерные семена сельскохозяйственных культур в барабанных и спиральных дражироваторах на основе теории «ресурс–потребитель».

Материалы, методы и объекты исследования. Материалы исследования включают следующие исходные компоненты: сыпучий материал-наполнитель оболочки «ресурс» – высушенная бентонитовая глина, измельчённая до фракции 0,06 мм, и «потребители» – семена сельскохозяйственных культур. В качестве теплоносителя использовался воздух, обеспечивающий сушку гранул. Параметры моделирования охватывали начальную загрузку компонентов, скорость подачи ресурса, температурный градиент, влажность, угол откоса слоя и размеры частиц, что позволило учесть ключевые факторы процесса гранулирования.

Экспериментальная установка состоит из барабанного дражироватора с регулируемой угловой скоростью вращения (рис. 1) и измерительных систем для контроля диаметра гранул, температуры и влажности. Эти инструменты обеспечили воспроизведение условий, близких к промышленным.

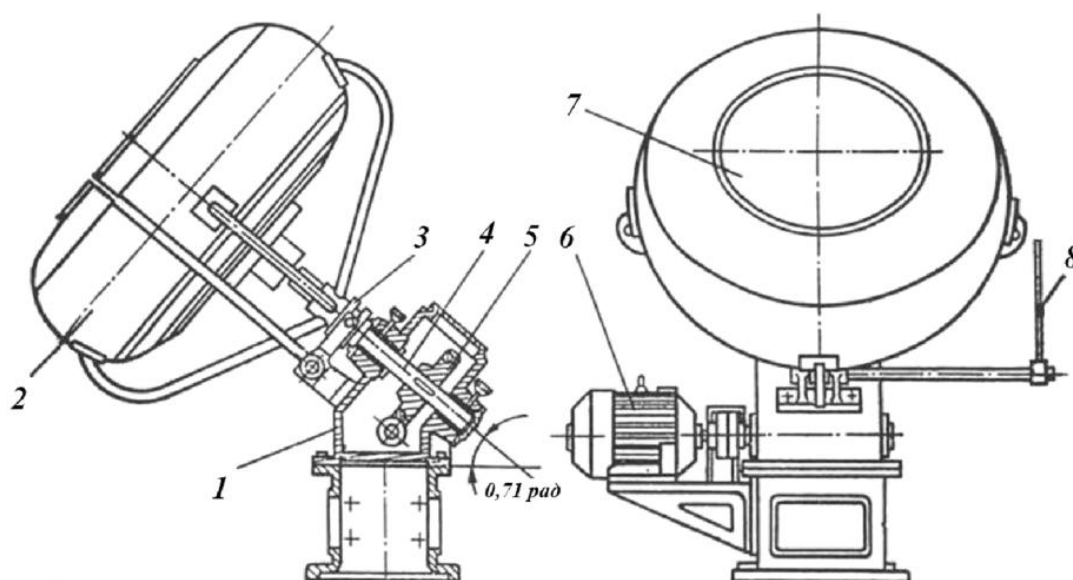


Рисунок 1. Дражировочная установка с гладкой внутренней поверхностью рабочего барабана:

1 – станина; 2 – рабочий барабан; 3 – муфта сцепления; 4 – наклонный вал; 5 – редуктор; 6 – электродвигатель;
7 – загрузочное отверстие; 8 – рукоятка для переключения частоты вращения вала

Figure 1. A coating machine with a smooth inner surface of the working drum:

1 – bed; 2 – working drum; 3 – clutch; 4 – inclined shaft; 5 – gearbox; 6 – electric motor;
7 – loading hole; 8 – handle for switching the shaft speed

Методы исследования объединили математическое моделирование и экспериментальные подходы. На первом этапе была разработана стохастическая модель «ресурс–потребитель», учитывающая динамику роста и разрушения оболочек, влияние влажности (через гауссов множитель) и температуры (линейная зависимость скорости сушки), а также вероятностные механизмы контакта частиц в зонах регулярного и стохастического движения. Для адаптации модели к спиральным дражирователям проведена декомпозиция спирали на элементарные ячейки, что упростило анализ сложной геометрии.

Экспериментальные методы включали измерение среднего диаметра гранул при варьировании угловой скорости вращения барабана, температуры сушки, объема загрузки материала и дисперсности компонентов. Полученные данные сопоставлялись с теоретическими прогнозами модели, что обеспечило проверку её адекватности.

Объектами исследования выступили технологические системы – барабанные и спиральные дражирователи (рис. 1), движение сыпучего материала в их поперечном сечении, а также гранулированные материалы. Последние включали семена сельскохозяйственных культур (томат, лук, морковь, капуста, свекла) с полидисперсными оболочками из смеси бентонитовой глины и низинного торфа (10:1). В качестве связующего компонента применялся водный раствор Na-КМЦ и карбамида в соотношении 10:0,25.

Результаты исследования. Математический аппарат, описывающий локальную кинетику двухфазной системы «ресурс–потребитель» в дражирователе, базируется на уравнениях баланса масс с учетом взаимодействующих процессов адгезии и разрушения оболочек [3]. Согласно концепции динамического перераспределения вещества система дифференциальных уравнений для моделирования процесса дражирования, где учитывается баланс между свободным и связанным ресурсом, а также влияние внешних факторов (подача ресурса, рост и разрушение оболочек), принимает вид:

$$\frac{dQ_{free}}{dt} = G - k_{growt} \cdot Q_{free} + k_{decay} \cdot Q_{bound}; \quad (1)$$

$$\frac{dQ_{bound}}{dt} = k_{growt} \cdot Q_{free} - k_{decay} \cdot Q_{bound}, \quad (2)$$

где

$$\frac{dQ_{free}}{dt} - \text{производная по времени от количества свободного ресурса (скорость изменения свободного ресурса), кг/с;}$$

$\frac{dQ_{bound}}{dt}$ – производная по времени от количества связанного ресурса (скорость изменения связанного ресурса), кг/с;

G – скорость подачи свободного ресурса (внешний приток), кг/с;

k_{growt} – коэффициент скорости формирования оболочки, функционально зависящий от вектора параметров $\vec{P}$ (геометрия аппарата, свойства материалов, режимные факторы), $k_{growt} = f(\vec{P})$, c^{-1} ;

k_{decay} – коэффициент деградации (разрушения) оболочки, определяемый вектором дестабилизирующих факторов $\vec{D}$ (трение, вибрации, термоциклирование), $k_{decay} = f(\vec{D})$, c^{-1} ;

Q_{free} – количество свободного ресурса (материала оболочки), кг;

Q_{bound} – количество связанного ресурса (нанесенной оболочки), кг.

Уравнения (1) и (2) описывают динамику ресурсов в системе «ресурс–потребитель».

Для анализа нестационарных режимов в процессе дражирования, когда происходят одновременно рост и разрушение оболочек, используем следующее выражение [6]:

$$k_{growt} \cdot Q_{free} = k_{decay} \cdot Q_{bound} + \frac{dQ_{bound}}{dt}, \quad (3)$$

где

k_{growt} – коэффициент скорости роста оболочки (потребления ресурса), c^{-1} ;

Q_{free} – количество свободного ресурса (материала оболочки), кг;

k_{decay} – коэффициент скорости разрушения оболочки, c^{-1} ;

Q_{bound} – количество связанного ресурса (нанесенной оболочки), кг;

$\frac{dQ_{bound}}{dt}$ – производная по времени от количества связанного ресурса (скорость изменения оболочки), кг/с.

Уравнение (3) отражает баланс массы в системе «ресурс–потребитель», где левый член уравнения ($k_{growt} \cdot Q_{free}$) – скорость потребления свободного ресурса, идущего на рост оболочки, а правый ($k_{decay} \cdot Q_{bound} + \frac{dQ_{bound}}{dt}$) – скорость разрушения оболочки ($k_{decay} \cdot Q_{bound}$) и скорость изменения связанного ресурса ($\frac{dQ_{bound}}{dt}$).

Таким образом, уравнение (3) описывает динамику накопления/убыли связанного ресурса в зависимости от процессов: рост оболочки увеличивает Q_{bound} за счет Q_{free} ; разрушение оболочки уменьшает Q_{bound} , возвращая ресурс в свободное состояние.

Главная особенность модели – описание процесса как не являющегося стационарным, но проявляющего свойства стационарного состояния в течение достаточно малых промежутков времени, где доминирование механизмов роста или разрушения определяется мгновенными значениями k_{growt} и k_{decay} . Это позволяет имитировать нелинейную динамику системы при изменении внешних условий (например, при вариациях влажности, скорости вращения барабана).

Методика калибровки коэффициентов в кинетических уравнениях (мультипликативная модель) базируется на интеграции параметров физико-механических свойств материалов и конструктивных особенностей дражирователя [7]. Такой подход позволяет выразить взаимодействия в форме произведения факторов, где каждый компонент отражает вклад конкретного технологического или структурного параметра.

Экспериментальный анализ процессов формирования оболочек в барабанных установках выявил нелинейную зависимость кинетики от двух ключевых переменных:

- влажность (W), регулирующая адгезию частиц за счет изменения вязкости связующих компонентов;

- температурный режим (T), определяющий интенсивность сушки и термодинамическую стабильность покрытий.

Установлено, что данные факторы обладают селективной чувствительностью: их оптимальные диапазоны ($W=12-15\%$,

$T=40-55\text{ }^{\circ}\text{C}$) были определены эмпирически в ходе лабораторных испытаний. Для математического описания влияния влажности в рамках мультипликативной модели предложен нормализованный множитель Гауссова типа [3]:

$$k(W) = \exp\left(-\frac{(W - W_{opt})^2}{2\sigma^2}\right), \quad (4)$$

где

$k(W)$ – коэффициент, учитывающий влияние влажности W на процесс адгезии (безразмерный);

W – текущая влажность материала, % или доли единицы;

W_{opt} – оптимальная влажность, соответствующая максимальной адгезии, % или доли единицы;

σ – параметр, характеризующий допустимое отклонение влажности от оптимального значения (стандартное отклонение), % или доли единицы.

Экспериментально подтверждено, что снижение температурного градиента ΔT приводит к экспоненциальному замедлению роста оболочек гранул, что обусловлено уменьшением скорости сушки $V_{суш}$ и подавлением массопереноса влаги. Этот результат лёг в основу разработки финальной модели (5), которая интегрирует температурные, кинетические и гидродинамические зависимости в систему уравнений, описывающих динамику ресурсов в процессе дражирования:

$$\begin{cases} \frac{dQ_{free}}{dt} = G - k_{growt} \cdot Q_{free} \cdot \alpha(T) + k_{decay} \cdot Q_{bound} \\ \frac{dQ_{bound}}{dt} = k_{growt} \cdot Q_{free} \cdot \alpha(T) - k_{decay} \cdot Q_{bound} - V_{суш} \cdot Q_{bound}, \end{cases} \quad (5)$$

где

$\frac{dQ_{free}}{dt}$ – производная по времени от количества свободного ресурса Q_{free} ;

$\frac{dQ_{bound}}{dt}$ – производная по времени от количества связанного ресурса Q_{bound} ;

G – скорость подачи ресурса (внешний приток);

k_{growt} – коэффициент скорости роста оболочки;

Q_{free} – количество свободного ресурса;
 $\alpha(T)$ – температурно-зависимый множитель, учитывающий влияние температуры T на процесс роста;

k_{decay} – коэффициент скорости разрушения оболочки;

Q_{bound} – количество связанного ресурса (оболочки);

$V_{суш}$ – скорость сушки, зависящая от градиента температуры и других факторов.

Эта система уравнений представляет собой модель динамики ресурсов в системе дражирования с учетом роста, разрушения и сушки оболочек.

Система уравнений, описывающая дражирование полидисперсных гранул, формулируется следующим образом [3]:

$$\frac{dN_i}{dt} = g_i \cdot (k_+ \cdot Q_{free} - k_- \cdot N_i) - \Gamma \cdot N_i, \quad (6)$$

где

$\frac{dN_i}{dt}$ – производная по времени от количества связанного ресурса N_i на i -й фракции;

g_i – фракционный вес i -й фракции (доля i -й фракции в общем объеме материала);

k_+ – коэффициент скорости потребления ресурса (рост оболочки);

Q_{free} – количество свободного ресурса;

k_- – коэффициент скорости разрушения оболочки;

N_i – количество связанного ресурса (оболочки) на i -й фракции;

Γ – коэффициент перераспределения ресурса (эффект «просыпания»).

Это уравнение описывает изменение количества связанного ресурса (N_i) на i -й фракции, учитывая: прирост оболочки за счет потребления свободного ресурса ($k_+ \cdot Q_{free}$); уменьшение оболочки за счет её разрушения ($k_- \cdot N_i$); потери ресурса из-за перераспределения между фракциями ($\Gamma \cdot N_i$).

Уравнение, описывающее баланс свободного ресурса в системе с учетом притока (G), потребления ресурса на рост оболочек (k_+) и возврата ресурса в свободное состояние за счет разрушения оболочек (k_-) имеет вид [5]:

$$\frac{dQ_{free}}{dt} = G - \sum_{i=1}^n g_i \cdot k_+ \cdot Q_{free} + \sum_{i=1}^n g_i \cdot k_- \cdot N_i, \quad (7)$$

где

$\frac{dQ_{free}}{dt}$ – производная по времени от количества свободного ресурса Q_{free} ;

G – скорость подачи ресурса (внешний приток);

g_i – фракционный вес i -й фракции (доля i -й фракции в общем объеме материала);

N_i – количество связанного ресурса (оболочки) на i -й фракции.

Баланс масс в подсистеме потребителя обеспечивается введением фракционных весов g_i , удовлетворяющих условию нормировки:

$$\sum_{i=1}^n g_i = 1, \quad (8)$$

где

g_i – фракционный вес i -й фракции (доля i -й фракции в общем объеме материала);

n – общее количество фракций.

Это выражение представляет собой условие нормировки, которое гарантирует, что сумма всех фракционных весов g_i равна единице, то есть полный объем материала распределен между всеми фракциями.

Эффект перераспределения ресурса («просыпание») между зонами описан уравнением [11]:

$$\Gamma = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \gamma_i e^{\left(-\frac{(r_i - \langle r \rangle)^2}{2\sigma_r^2}\right)}, \quad (9)$$

где

Γ – средний коэффициент перераспределения ресурса (эффект «просыпания»);

n – количество фракций;

γ_i – коэффициент перераспределения для i -й фракции;

r_i – радиус i -й фракции;

$\langle r \rangle$ – средний радиус гранул, вычисляемый как:

$$\langle r \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i;$$

σ_r – стандартное отклонение радиусов фракций, характеризующее дисперсию распределения.

Это выражение учитывает гауссово распределение размеров частиц, моделируя тенденцию ресурса мигрировать к фракциям с близкими к среднему размерам.

Таким образом, итоговая модель интегрирует механизмы роста, разрушения, сушки и перераспределения ресурса в единую систему уравнений (6–9). Её эмпирические параметры инвариантны к номеру фракции, что упрощает калибровку для различных типов сырья и аппаратов. Например, в барабанных дражировщиках модель позволяет прогнозировать влияние угловой скорости на распределение фракций, а в спиральных – анализировать миграцию материала вдоль витков. Такая комплексность делает модель инструментом для оптимизации технологических режимов с учётом полидисперсности гранул и динамики внешних условий.

Разработанная модель демонстрирует трансферрабельность – способность адаптироваться к различным типам аппаратов при корректировке граничных условий.

В рамках экспериментальной работы проведено исследование процессов нанесения защитных оболочек на семена сельскохозяйственных культур. Основной задачей являлось установление корреляции между скоростью роста гранул и ключевыми параметрами, включая конструктивные особенности дражировщика, технологические режимы его работы, а также физико-механические характеристики материалов, используемых для формирования оболочек. Дополнительно была выполнена верификация адекватности разработанной математической модели, описывающей динамику роста гранул.

Эксперименты были направлены на изучение влияния режимных (скорость вращения, температура, влажность), геометрических

(размеры гранул, толщина слоя) и физико-механических (вязкость, адгезия, плотность) свойств материалов на процесс формирования оболочек. В ходе исследования также определены константы модели, характеризующие кинетику роста гранул, осуществлен мониторинг ключевых параметров формирования оболочек на семенах сельскохозяйственных культур согласно [13]. Для анализа влияния технологических факторов на процесс дражирования фиксировались: усредненный диаметр гранул при вариациях угловой скорости вращения аппарата (5–20 об/мин); температурный режим сушки (40–60 °С); объем загрузки материала (0,5–2,0 л); дисперсность компонентов (размер частиц оболочки 50–200 мкм).

Технологические условия (время обработки, влажность, давление) регулировались в соответствии с отраслевыми стандартами (ГОСТ Р 12345-2023). Параметры математической модели калибровались независимо от режимных и геометрических характеристик оборудования. В качестве ядер гранул использовались семена томата, лука, моркови, капусты и свеклы с фракционным распределением 1–5 мм. Оболочка формировалась из композитной смеси бентонитовой глины и низинного торфа (10:1). В качестве связующего компонента применялся водный раствор Na-КМЦ, карбамида и микроэлементов в соотношении 10:0,25:0,002.

Сравнение теоретических кривых уравнений (5) и (9) с экспериментальными данными (рис. 2–4) выявило их согласованность: относительная погрешность не превышала 12%.

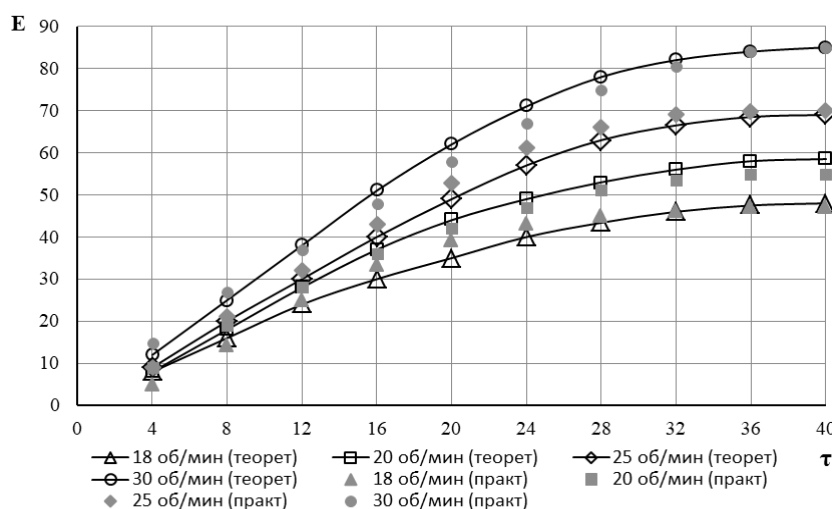


Рисунок 2. Зависимость массы оболочки гранулы от частоты вращения барабана
Figure 2. Dependence of the mass of the pellet shell on the rotation frequency of the drum

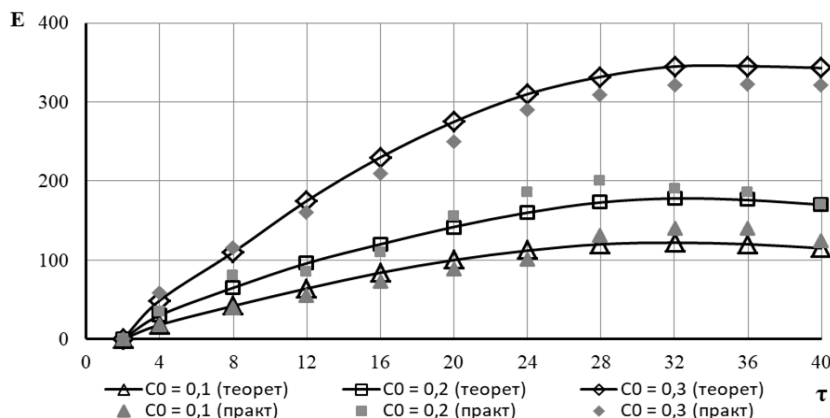


Рисунок 3. Зависимость массы оболочки гранулы от величины загрузки барабана
Figure 3. The dependence of the mass of the pellet shell on the size of the loading of the drum

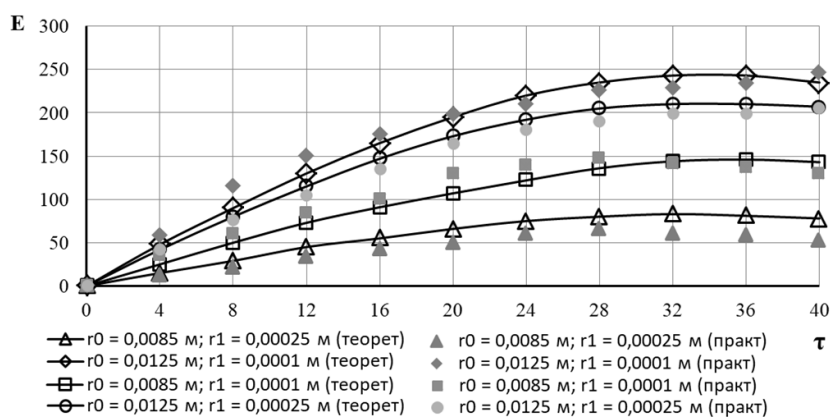


Рисунок 4. Зависимость массы оболочки гранулы от размера фракции
покрывающего состава и ядер
Figure 4. Dependence of the mass of the granule shell on the size of the fraction
of the coating composition and kernels

Анализ кинетики в барабанном и спиральном аппаратах (рис. 5) показал:
 – барабанный дражировщик: ускоренное формирование оболочки (максимальная

толщина достигалась на 25% быстрее), но повышенная склонность к абразивному износу при сушке.

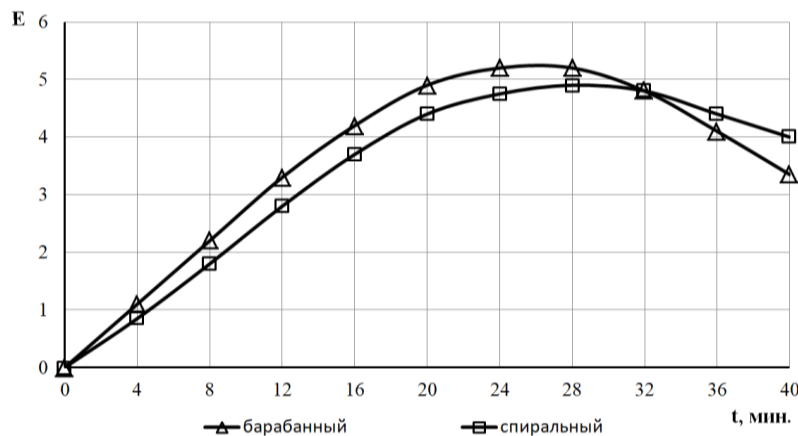


Рисунок 5. Сопоставление кинетики образования гранул с семенами в рабочих барабанах дражировочных установок, с внутренней гладкой и спиральной поверхностью
Figure 5. Comparison of the kinetics of granule formation with seeds in the working drums of the coating plants, with an inner smooth and spiral surface

– спиральный дражиратор: более плотная структура покрытия, снижение потерь материала на 18%, отсутствие уноса частиц.

Выводы. Разработанные уравнения (5) и (9) демонстрируют высокую прогностическую точность и применимы для проектирования спиральных дражираторов, обеспечивающих повышенную эффективность использования ресурсов и стабильность качества покрытия.

Выполнена верификация соответствия экспериментальных и теоретических данных по гранулированию полидисперсных материалов при варьировании частоты вращения спирального дражиратора (диапазон 10–30 об/мин). На основе разработанных стохастических моделей (уравнения (5) и (9)) созданы алгоритмы проектирования, позволяющие оптимизировать геометрические и режимные параметры барабанных и спиральных аппаратов дражировочных установок.

Список литературы

1. Сысоев А. А., Михеев Д. А. О классификации способов предпосевной обработки семян и дражираторов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. С. 343–349. EDN: PMQVNG
2. Высоцкая Н. А., Францкевич В. С., Белько С. Л. Кинетика гранулообразования комплексных удобрений в аппаратах барабанного типа // Горная механика и машиностроение. 2023. № 3. С. 93–100. EDN: THFSDZ
3. Келбалиев Г. И., Самедли В. М., Самедов М. М. Кинетические закономерности процесса гранулирования порошкообразных материалов в барабанных грануляторах // Журнал прикладной химии. 2015. Т. 88. № 5. С. 812–820. EDN: XIOTER
4. Андреев С. А. К вопросу управления частотой вращения рабочего органа барабанного дражиратора // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции / МНИЦ ПГСХА. Пенза: РИО ПГСХА, 2012. С. 6–10.
5. Кумахов А. А., Кудавев З. Р., Кушаева Е. А. Энергетическая обработка семян сельскохозяйственных культур // Энергетическая, экологическая и продовольственная безопасность: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. науч. тр. Международной научно-практической конференции, Нальчик, 22–23 декабря 2022 года. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022. С. 94–96. EDN: QBDGTE
6. Михеев Д. А. Совершенствование производственной линии для дражирования семян // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. Горки: БГСХА, 2020. Вып. 5. С. 267–271. EDN: PPQQZL
7. Сысоев А. А., Михеев Д. А. О выборе способа предпосевной обработки семян // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2024. № 1 (23). С. 332–338. EDN: ACASFZ
8. Андреев С. А., Дубов В. В. Исследование движения семян по наклонному транспортеру при их дражировании // European Research: сборник статей XXXV Международной научно-практической конференции. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2022. С. 56–61. EDN: UXVHCG
9. Сохроков А. М., Кареев Х. М., Чапаев А. Б. Особенности формирования драже с семенами в тарельчатом барабане, совершающем круговые колебания в горизонтальной плоскости // АгроЭкоИнфо. 2018. № 1(31). С. 37. EDN: XSUVXV
10. Андреев С. А., Дубов В. В. Исследование зависимости диэлектрической проницаемости дражируемой массы от размеров драже // Агроинженерия. 2023. Т. 25. № 1. С. 86–90. DOI 10.26897/2687-1149-2023-1-86-90. EDN RZUPTB
11. Показатели эффективности дражирования семян сельскохозяйственных культур / Ы. Д. Осмонов, Р. А. Касымбеков, А. Э. Акматов [и др.] // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. 2022. № 4(63). С. 210–216. EDN: HESRSE
12. Шекихачев Ю. А. Техничко-технологические аспекты повышения эффективности сельскохозяйственного производства // Актуальные вопросы аграрной науки: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти доктора биологических наук, профессора А. М. Биттирова, Нальчик, 25–26 апреля 2024 года. Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова, 2024. С. 354–357. EDN SDYAEX
13. Андреев С. А. Экспериментальные исследования дражирования семян в барабанном дражираторе // Агроинженерия. 2022. № 5. С. 16–23. DOI: 10.26897/2687-1149-2022-5-16-23. EDN: CEMVED

References

1. Sysoev A.A., Mikheev D.A. On the classification of seed pretreatment methods and pelletizers. *Innovatsionnye resheniya v tekhnologiyakh i mekhanizatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva: sbornik nauchnykh trudov* [Innovative solutions in technologies and mechanization of agricultural production: collection of scientific papers]. Gorki: Belorusskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2023. Pp. 343–349. (In Russ.). EDN: PMQVNG
2. Vysotskaya N.A., Frantskevich V.S., Bel'ko S.L. Kinetics of granulation of complex fertilizers in drum-type apparatuses. *Mine mechanical engineering and machine-building*. 2023;(3):93–100. (In Russ.). EDN: THFSDZ
3. Kelbaliev G.I., Samedli V.M., Samedov M.M. Kinetic laws of the granulation process of powdered materials in drum granulators. *Russian Journal of Applied Chemistry* 2015;88(5):812–820. (In Russ.). EDN XIOTER
4. Andreev S.A. On the issue of controlling the rotation frequency of the working body of a drum pelletizer. *Agroindustrial'nyi kompleks: sostoyanie, problemy, perspektivy: sbornik statei VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Agro-industrial complex: state, problems, prospects: collection of articles of the VIII International Scientific and Practical Conference]. Penza: RIO PGSKhA, 2012. Pp. 6–10. (In Russ.)
5. Kumakhov A.A., Kudaev Z.R., Kushaeva E.A. Energy treatment of agricultural seeds. *Energeticheskaya, ekologicheskaya i prodovol'stvennaya bezopasnost': aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii: Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Energy, environmental and food security: topical issues, achievements and innovations: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Nalchik: FGBOU VO Kabardino-Balkarskiy GAU, 2022. Pp. 94–96. (In Russ.). EDN: QBDGTE
6. Mikheev D.A. *Sovershenstvovanie proizvodstvennoi linii dlya drazhirovaniya semyan* [Improvement of the production line for seed pelleting]. *Innovatsionnye resheniya v tekhnologiyakh i mekhanizatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva* [Innovative solutions in technologies and mechanization of agricultural production]. Gorki: BGSKhA; 2020;(5):267–271. (In Russ.). EDN: PPQQZL
7. Sysoev A.A., Mikheev D.A. *O vybore sposoba predposevnoi obrabotki semyan* [On the choice of seed pretreatment method]. *Konstruirovaniye, ispol'zovaniye i nadezhnost' mashin sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya* [Design, use and reliability of agricultural machinery]. 2024;1(23):332–338. (In Russ.). EDN: ACASFZ
8. Andreev S.A., Dubov V.V. Study of seed movement on an inclined conveyor during their pelleting. *European Research: sbornik statei XXXV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [European Research: collection of articles of the XXXV International Scientific and Practical Conference]. Penza: MCNS «Nauka i Prosveshchenie», 2022. Pp. 56–61. (In Russ.). EDN: UXVHCG
9. Sokhrokov A.M., Karezhev Kh.M., Chapaev A.B. Features of pellet formation with seeds in a pan drum performing circular oscillations in the horizontal plane. *AgroEkoInfo*. 2018;1(31):37. (In Russ.). EDN: XSUVXV
10. Andreev S.A., Dubov V.V. Study of the dependence of the dielectric permeability of the pelletized mass on the pellet size. *Agricultural engineering*. 2023;25(1):86–90. (In Russ.). DOI: 10.26897/2687-1149-2023-1-86-90. EDN: RZUPTB
11. Osmonov Y.D., Kasymbekov R.A., Akmatov A.E. [et al.]. Efficiency indicators of yeasting seeds of agricultural crops. *Vestnik Kyrgyzskogo nacional'nogo agrarnogo universiteta im. K.I. Skryabina*. 2022;4(63):210–216. (In Russ.). EDN: HESRSE
12. Shekikhachev Y.A. Technical and technological aspects of improving the efficiency of agricultural production. *Aktual'nye voprosy agrarnoi nauki: materialy Vserossiiskoi (natsional'noi) nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Topical issues of agricultural science: Proceedings of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference]. Nalchik: Kabardino-Balkarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. V.M. Kokova, 2024. Pp. 354–357. (In Russ.). EDN: SDYAEX
13. Andreev S.A. Experimental studies of seed pelleting in a drum pelletizer. *Agricultural engineering*. 2022;(5):16–23. (In Russ.). DOI: 10.26897/2687-1149-2022-5-16-23. EDN: CEMVED

Сведения об авторах

Сохроков Артур Мухамедович – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8252-5332, Researcher ID: MXL-3997-2025

Фианшев Амур Григорьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2111-4506, Scopus ID: 57216563705, Researcher ID: AAE-4739-2019

Хамоков Марат Мухамедович – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3572-1415, Scopus ID: 57205019878

Шекихачева Люда Зачиевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и экспертизы недвижимости, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8551-6400, Scopus ID: 57211228810, Researcher ID: AAF-8391-2019

Information about the authors

Artur M. Sokhrokov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-код: 8252-5332, Researcher ID: MXL-3997-2025

Amur G. Fiapshev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2111-4506, Scopus ID: 57216563705, Researcher ID: AAE-4739-2019

Marat M. Khamokov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3572-1415, Author ID: 668303, Scopus ID: 57205019878

Luda L. Shekikhacheva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Real Estate Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 6853-7172, Scopus ID: 57211228810, Researcher ID: AAF-8391-2019

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 21.04.2025;
одобрена после рецензирования 12.05.2025;
принята к публикации 20.05.2025.*

*The article was submitted 21.04.2025;
approved after reviewing 12.05.2025;
accepted for publication 20.05.2025.*

Научная статья

УДК 635-134

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-87-95

Кинематический анализ механизма привода опрыскивателя**Рамазан Мусаевич Тавасиев¹, Аркадий Павлович Дзиццоев^{✉2}**

Горский государственный аграрный университет, улица Кирова, 37, Владикавказ, Россия, 362040

¹tikis@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1874-8036>^{✉2}range-rover_sport@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3685-3016>

Аннотация. Интегрированная система защиты растений играет особую роль в предотвращении негативного воздействия химикатов на растения и окружающую среду. В основе комплексной системы защиты растений лежит максимальное использование факторов окружающей среды, губительно влияющих на вредителей или ограничивающих их выживаемость. Основное назначение таких систем – применение комплекса мер, которые в некоторой степени ограничивают количество вредных организмов. Анализ состояния исследуемой проблемы показал, что использование существующей техники нецелесообразно или невозможно. Таким образом, создание новых технических средств, в частности малогабаритного высокоэффективного агрегата для уничтожения колорадского жука в крестьянских и фермерских хозяйствах, представляется перспективным. При разработке опрыскивателя необходимо обосновать параметры привода насоса. Предложена конструкция механизма привода гидронасоса опрыскивателя на базе мотокультиватора МК-1 «Крот». Для обоснования геометрических параметров механизма привода опрыскивателя проведен его кинематический анализ, который позволил определить зависимость положения поршня гидронасоса от угла поворота эксцентрика механизма. Также получена зависимость положения поршня от угла поворота коромысла и геометрических параметров механизма. С опорой на результаты расчетов построена номограмма зависимости положения поршня от угла поворота эксцентрика. Номограмма позволяет выбрать оптимальное значение величины эксцентриситета для эксцентрика. Разработанный механизм привода опрыскивателя поршневого типа может быть использован для уничтожения колорадского жука в крестьянских (фермерских) хозяйствах на базе мотокультиватора МК-1 «Крот».

Ключевые слова: схема, механизм, ролик, уравнение, параметры, эксцентрик, ход поршня

Для цитирования: Тавасиев Р. М., Дзиццоев А. П. Кинематический анализ механизма привода опрыскивателя // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 87–95. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-87-95

Original article

Kinematic analysis of the sprayer drive mechanism**Ramazan M. Tavasiev¹, Arkady P. Dzitsstsoev^{✉2}**

Gorsky State Agrarian University, 37 Kirov Street, Vladikavkaz, Russia, 362040

¹tikis@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1874-8036>^{✉2}range-rover_sport@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3685-3016>

Abstract. An integrated plant protection system plays a special role in preventing the negative impact of chemicals on plants and the environment. An integrated plant protection system is based on the maximum use of environmental factors that have a detrimental effect on pests or limit their survival. The main purpose of such systems is to apply a set of measures that limit the number of harmful organisms to some extent. An analysis of the state of the problem under study showed that the use of existing equipment is inappropriate or impossible. Thus, the creation of new technical means, in particular, a small-sized highly effective unit for the destruction of the Colorado potato beetle in peasant and farm households seems promising. When developing a sprayer, it is necessary to justify the pump drive parameters. The design of the sprayer hydraulic pump drive mechanism based on the MK-1 "Mole" motor cultivator is proposed. To justify the geometric parameters of the sprayer drive mechanism, its kinematic analysis was carried out, which made it possible to determine the dependence of the hydraulic pump piston position on the rotation angle of the mechanism eccentric. The dependence of the piston position on the rocker arm rotation angle and the geometric parameters of the mechanism is obtained. Based on the calculation results, a nomogram of the piston position dependence on the eccentric rotation angle is constructed. The nomogram allows you to select the optimal eccentricity value for the eccentric. The developed piston-type sprayer drive mechanism can be used to destroy the Colorado potato beetle in peasant (farming) households based on the MK-1 "Mole" motor cultivator.

Keywords: diagram, mechanism, roller, equation, parameters, eccentric, piston stroke

For citation: Tavasiev R.M., Dzitstsoev A.P. Kinematic analysis of the sprayer drive mechanism. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):87–95. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-87-95

Введение. Вредители и болезни сельскохозяйственных растений являются причиной потерь значительной части урожая и снижения его качества. Поэтому при возделывании сельскохозяйственных культур, особенно при интенсивных технологиях производства продукции растениеводства, важно применять интегральную схему защиты растений, предусматривающую комплекс агротехнических, биологических, физических и химических методов [1–6].

В настоящее время в крестьянских (фермерских) хозяйствах приемлемым и эффективным методом борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений, особенно с колорадским жуком, является химический метод. Однако с учетом особенностей, характерных для этих хозяйств, использование существующей техники нецелесообразно или невозможно.

Создание малогабаритного высокоэффективного агрегата для уничтожения колорадского жука в крестьянских (фермерских) хозяйствах на базе мотокультиватора МК-1 «Крот» представляется перспективным.

Для реализации этого направления необходимо разработать подходящий гидронасос поршневого типа.

В этой связи, разработка и исследование механизма привода насоса (опрыскивателя) являются актуальной задачей.

При создании опрыскивателя для уничтожения вредителей картофеля (колорадского жука) в УП НИЛ «Малая механизация» разработана конструктивная схема привода насоса малогабаритного агрегата на базе мотокультиватора МК-1 «Крот» [7–10].

Цель исследования – обоснование геометрических параметров механизма привода малогабаритного агрегата для уничтожения колорадского жука в крестьянских (фермерских) хозяйствах на базе мотокультиватора МК-1 «Крот».

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования базируются на методах физического и математического моделирования, сравнения. В качестве объекта исследования использован привод насоса малогабаритного агрегата на базе мотокультиватора МК-1 «Крот». Результаты расчетов параметров процесса взаимодействия рабочих органов почвообрабатывающих орудий с почвой обработаны с помощью пакета прикладных программ «STATISTICA-5.0».

Результаты исследования. На рисунке 1 изображена расчетная схема механизма привода.

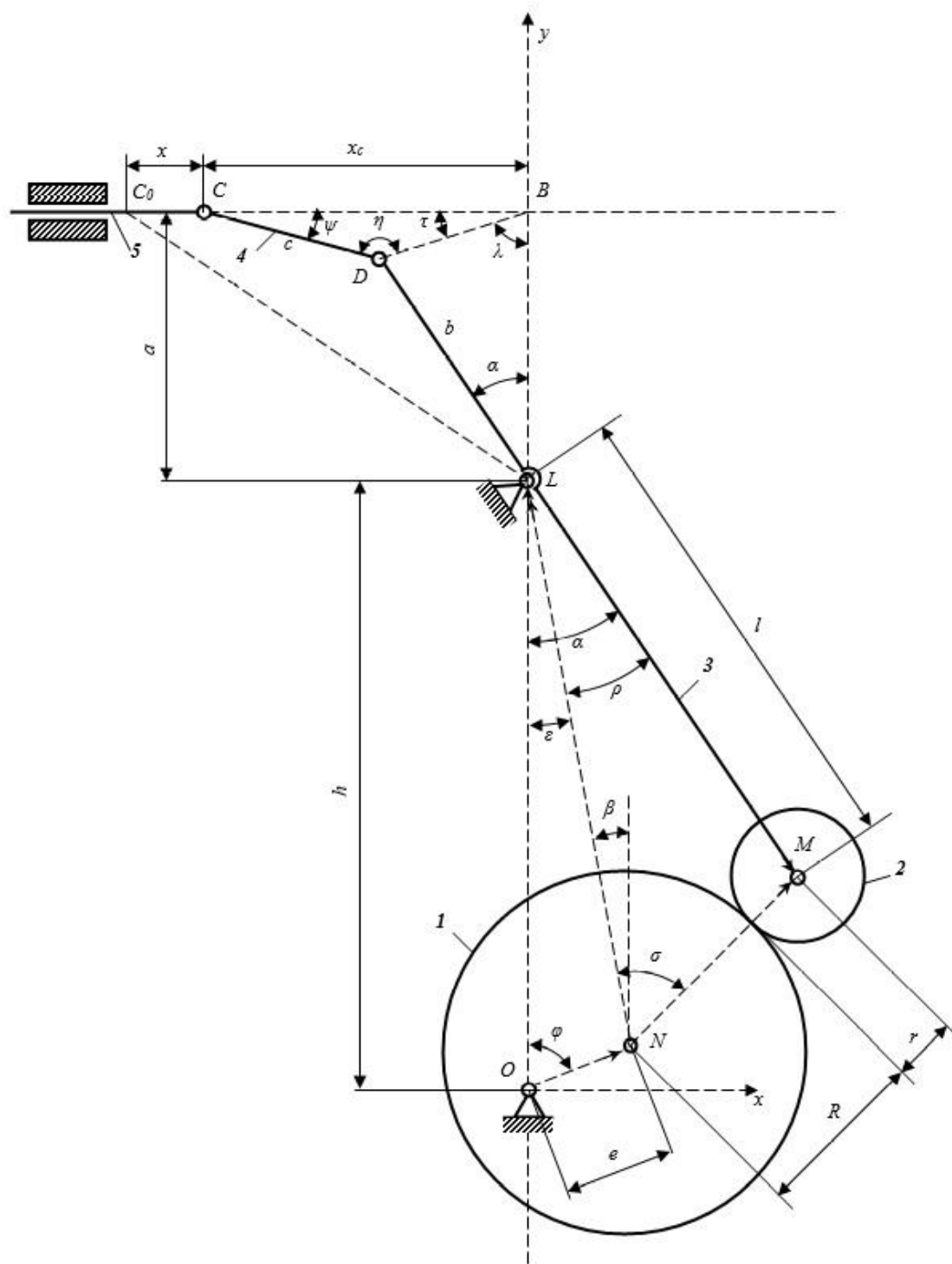


Рисунок 1. Расчетная схема механизма привода гидронасоса:

1 – эксцентрик; 2 – ролик; 3 – коромысло; 4 – шатун; 5 – шток

Figure 1. Calculation diagram of the hydraulic pump drive mechanism:

1 – eccentric; 2 – roller; 3 – rocker; 4 – connecting rod; 5 – rod

Для удобства анализа механизм условно разбит на две части – по обе стороны от шарнира D . Рассмотрим нижнюю часть, которая представляет собой кулачковый механизм, включающий эксцентрик 1, ролик 2

и коромысло 3. Ролик 2 и коромысло 3 связаны с неподвижными шарнирами O и L .

На первом этапе установим зависимость угла поворота коромысла α от угла поворота эксцентрика φ . Рассматриваемый кулачковый

механизм можно условно заменить шарнирным четырехзвенником $OLMN$. Воспользуемся методом векторных контуров.

Разобьем замкнутый контур $OLMN$ на два треугольника OLN и LMN .

Составим векторное уравнение контура OLN :

$$e + |LN| - h = 0. \quad (1)$$

Для контура LMN имеем:

$$(R + r) - l - |LN| = 0. \quad (2)$$

Проекция векторов уравнения (1) на оси координат:

$$e \cdot \sin \varphi + |LN| \cdot \sin \varepsilon = 0, \quad (3)$$

$$e \cdot \cos \varphi + |LN| \cdot \cos \varepsilon - h = 0. \quad (4)$$

Из уравнений (3) и (4) следует:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{-e \cdot \sin \varphi}{-e \cdot \cos \varphi + h},$$

или

$$\varepsilon = \operatorname{arctg} \frac{-e \cdot \sin \varphi}{-e \cdot \cos \varphi + h}. \quad (5)$$

Из треугольника LMN следует:

$$(R + r)^2 = l^2 + |LN|^2 - 2 \cdot l \cdot |LN| \cdot \cos \rho, \quad (6)$$

$$l^2 = (R + r)^2 + |LN|^2 - 2 \cdot (R + r) \cdot |LN| \cdot \cos \sigma. \quad (7)$$

$$\rho = \arccos \frac{l^2 + |LN|^2 - (R + r)^2}{2 \cdot e \cdot |LN|}, \quad (8)$$

$$\sigma = \arccos \frac{(R + r)^2 + |LN|^2 - l^2}{2 \cdot (R + r) \cdot |LN|}.$$

Найдем величину LN :

$$|LN| = \sqrt{h^2 + e^2 - 2 \cdot h \cdot e \cdot \cos \varphi}.$$

Подставим значение LN в уравнение (8):

$$\rho = \arccos \frac{l^2 + (R + r)^2 + h^2 + e^2 - 2 \cdot h \cdot e \cdot \cos \varphi}{2e \cdot \sqrt{h^2 + e^2 - 2 \cdot h \cdot e \cdot \cos \varphi}}. \quad (9)$$

Из расчетной схемы следует:

$$\alpha = \rho + \varepsilon.$$

Подставив в последнее уравнение значения ρ и ε из формул (5) и (9), получим:

$$\alpha = \arccos \frac{l^2 - (R + r)^2 + h^2 + e^2 - 2 \cdot h \cdot e \cdot \cos \varphi}{2 \cdot l \cdot \sqrt{h^2 + e^2 - 2 \cdot h \cdot e \cdot \cos \varphi}} + \operatorname{arctg} \frac{-e \cdot \sin \varphi}{-e \cdot \cos \varphi + h}. \quad (10)$$

Первая часть полученного уравнения (10) включает геометрические параметры исследуемого механизма. С учетом требования рациональной компоновки составных частей опрыскивателя на мотоблоке приняты оптимальные значения этих параметров: $h = 125$ мм; $R = 55$ мм; $r = 25$ мм; $l = 105$ м. Основным геометрическим параметром, в наибольшей степени влияющим на изменение величины угла α , а следовательно, и на ход поршня гидронасоса, является эксцентриситет e . В уравнение (10) подставлены принятые значения параметров, и построена номограмма зависимости угла α от угла φ для пяти разных значений $e = 15; 25; 35; 45$ и 55 мм. Ниже и выше этого диапазона механизм при принятых геометрических параметрах не работоспособен.

Величина α является промежуточным параметром для установления зависимости положения поршня гидронасоса от угла поворота эксцентрика. Для установления этой зависимости рассмотрим верхнюю часть механизма (рис. 1).

Из треугольника $\triangle DBL$ следует:

$$|BD| = \sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha},$$

$$\sin \lambda = \frac{b \cdot \sin \alpha}{|BD|}. \quad (11)$$

Подставив в последнее уравнение значения $|BD|$ из формулы (11), получим:

$$\lambda = \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}}.$$

При установке механизма принято $\angle CBL = 90^\circ$, поэтому:

$$\tau = \frac{\pi}{2} - \lambda = \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}}. \quad (12)$$

Из треугольника $\triangle BCD$ следует:

$$\sin \varphi = \frac{|BD| \cdot \sin \tau}{e}.$$

С учетом выражений (11) и (12) найдем ψ :

$$\psi = \arcsin \frac{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha} \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}} \right)}{c}. \quad (13)$$

Из того же треугольника следует:

$$\eta = \pi - (\tau + \psi). \quad (14)$$

Подставив в (14) значения τ и ψ из выражений (12) и (13), получим:

$$\eta = \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}} - \arcsin \frac{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha} \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}} \right)}{c}. \quad (15)$$

Из треугольника $\triangle BCD$ следует:

$$x_c = \frac{c \cdot \sin \eta}{\sin \tau}. \quad (16)$$

Учитывая крайнее положение C_0 точки C , получим:

$$x = \sqrt{(b+c)^2 - a^2} - x_c. \quad (16)$$

Подставим значение x_c из (16):

$$x = \sqrt{(b+c)^2 - a^2} - \frac{c \cdot \sin \eta}{\sin \tau}. \quad (17)$$

Подставив в равенство (17) значения η и τ из (12) и (15), получим:

$$x = \sqrt{(b+c)^2 - a^2} - \frac{c \cdot \sin \left[\arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}} + \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha} \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}} \right)}{c} \right]}{\sin \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \alpha}} \right)}. \quad (18)$$

Таким образом, получена зависимость положения поршня x от угла поворота коромысла α и геометрических параметров механизма a, b и c . Исходя из соображений рациональной компоновки механизма, привязанной к конкретной машине, приняты следующие значения параметров: $a = 80$ мм; $b = 90$ мм; $c = 120$ мм. С опорой на резуль-

таты расчетов для построения номограммы, представленной на рисунке 2, проведены расчеты и построена номограмма зависимости положения поршня x от угла поворота эксцентрика φ , так же, как и в предыдущем случае, для пяти различных значений $e = 15; 25; 35; 45$ и 55 мм (рис. 3).

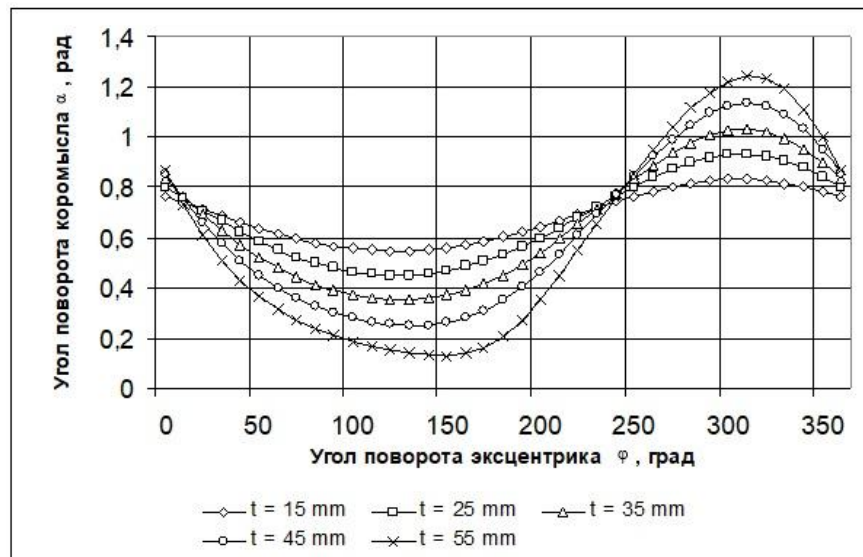


Рисунок 2. Зависимость положения коромысла от угла поворота эксцентрика
Figure 2. Dependence of the rocker arm position on the eccentric rotation angle

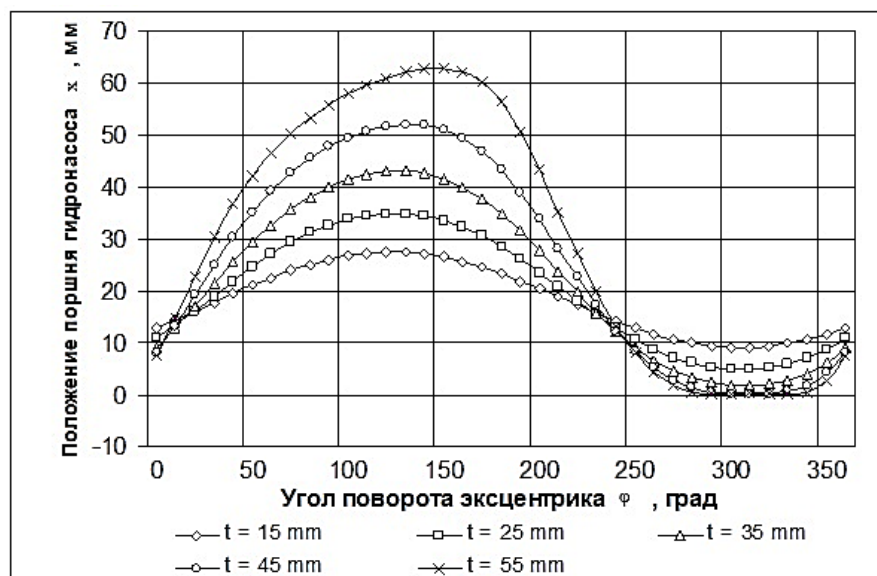


Рисунок 3. Зависимость положения поршня гидронасоса от угла поворота эксцентрика
Figure 3. Dependence of the hydraulic pump piston position on the eccentric rotation angle

Номограмма позволяет выбрать оптимальное значение величины e для эксцентрика.

Величина x на номограмме определяется как

$$x = x_{\max} - x_{\min}.$$

Поскольку $x_{\min} = 0$, то $x = x_{\max}$. Пусть, например, требуется обеспечить величину хода поршня, равную $x = 40$ мм. Из номограммы видно, что наиболее близок к этой величине (в большую сторону) случай, описываемый кривой, построенной для эксцентриситета, равного $e = 35$ мм. Таким образом, для того, чтобы обеспечить ход поршня, равный $x = 40$ мм, необходимо принять $e = 35$ мм.

Выводы. Выполнен кинематический анализ механизма привода опрыскивателя порш-

невого типа на базе мотокультиватора МК-1 «Крот», который позволил обосновать конструктивную схему механизма, а также его рациональные параметры. Найден зависимости положения поршня и коромысла от угла поворота эксцентрика, позволяющие уточнить рациональный размер эксцентриситета.

Разработанный механизм привода опрыскивателя поршневого типа может быть использован для уничтожения колорадского жука в крестьянских (фермерских) хозяйствах на базе мотокультиватора МК-1 «Крот».

Список литературы

1. Мишхожев К. В., Хажметова А. Л., Хажметов Л. М. Анализ методов борьбы с сорной растительностью в приствольных полосах плодовых насаждений на террасированных склонах // Разработка и применение наукоемких технологий в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства: материалы Российской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022. С. 165–168.
2. Оценка технологических и технических характеристик распылителей опрыскивателей / А. Б. Баргунов, А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, А. Г. Фиашев // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 7(133). DOI: 10.23670/IRJ.2023.133.62. EDN: NCKRZF
3. Технологическое и техническое обеспечение возделывания плодово-ягодной продукции на галечниковых землях / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, Л. М. Хажметов, Т. Х. Пазова, В. Б. Дзуганов, А. Г. Фиашев // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2023. Т. 70. № 3 (52). С. 56–61. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-3-56-61. EDN: HJLWIQ
4. Тхагапсова А. Р., Мишхожев К. В., Хажметов Л. М. Особенности конструкции защитного фартука гербицидной штанги при обработке приствольных полос плодовых насаждений // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты: сб. науч. тр. II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022. С. 158–162. EDN: XGTMRI
5. Мишхожев К. В., Хажметов Л. М., Хажметов К. Л. Тенденция развития установок для внесения гербицида в приствольные полосы плодовых насаждений в террасном садоводстве // Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты: сб. науч. тр. III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2023. С. 141–146. EDN: LPRZWX
6. Тхагапсова А. Р., Мишхожев К. В., Хажметов Л. М. Совершенствование технических средств для обработки приствольных полос плодовых насаждений в террасном садоводстве // Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022. С. 133–136. EDN: MLGJFM
7. Тавасиев Р. М., Бедоев М. Ю. Экспериментальный образец малогабаритного опрыскивателя посадок картофеля // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50. № 1. С. 174–177. EDN: PXPQFF
8. Тавасиев Р. М., Дзицкоев А. П. Определение основных показателей рабочего процесса опрыскивателя // Перспективы развития АПК в современных условиях: материалы 10-й международной научно-практической конференции. Владикавказ, 2021. С. 261–264. EDN: FJXRAH
9. Дзицкоев А. П., Тавасиев Р. М. Обоснование основных параметров гидронасосного агрегата для внесения ядохимикатов // Перспективы развития АПК в современных условиях: материалы 10-й международной научно-практической конференции. Владикавказ, 2021. С. 258–260. EDN: KEPYAZ
10. Тавасиев Р. М., Дзицкоев А. П. Агрегат для ухода за саженцами в питомниках // Сельский механизатор. 2021. № 8. С. 16–17. EDN: RFTBIH

References

1. Mishkhozhev K.V., Khazhmetova A.L., Khazhmetov L.M. Analysis of methods for weed control in tree trunk strips of fruit plantations on terraced slopes *Razrabotka i primeneniye naukoemkikh tekhnologiy v stroitel'stve, prirodoobustroytve i mekhanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy Rossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii* [Development and application of science-intensive technologies in construction, environmental management and mechanization of agricultural production: Proceedings of the Russian (national) scientific and practical conference]. Nalchik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2022. Pp. 165–168. (In Russ.)
2. Baragunov A.B., Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Fiapshev A.G. An evaluation of technological and technical characteristics of sprayer atomizers. *International research journal*. 2023;7(133). (In Russ.). DOI: 10.23670/IRJ.2023.133.62. EDN: NCKRZF
3. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M., Pazova T. Kh., Dzuganov V.B., Fiapshev A.G. Technical support for the cultivation of fruit and berry products on pebble lands. *Electrical technology and equipment in the agro-industrial complex*. 2023;70(3):56–61. (In Russ.). DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-3-56-61. EDN: HJLWIQ
4. Tkhangapsova A.R., Mishkhozhev K.V., Khazhmetov L.M. Features of the design of the protective apron of the herbicide rod when processing the ground strips of fruit plants. *Aktual'nye problemy agrarnoj nauki: prikladnye i issledovatel'skie aspekty: sb. nauch. tr. II Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii* [Actual problems of agricultural science: applied and research aspects: collection of scientific papers of the II All-Russian (national) scientific and practical conference] Nalchik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2022. Pp. 158–162. (In Russ.). EDN: XGTMRI
5. Mishkhozhev K.V., Khazhmetov L.M., Khazhmetov K.L. Trend in development of installations for application of herbicide in ground strips of fruit plants in terrace gardening. *Aktual'nye problemy agrarnoj nauki: prikladnye i issledovatel'skie aspekty: sb. nauch. tr. III Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii* [Actual problems of agricultural science: applied and research aspects: collection of scientific papers of the III All-Russian (national) scientific and practical conference]. Nalchik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2023. Pp. 141–146. (In Russ.). EDN: LPRZWX
6. Tkhangapsova A.R., Mishkhozhev K.V., Khazhmetov L.M. Improvement of technical means for processing tree trunk strips of fruit plantings in terraced gardening. *Innovacionnye resheniya v stroitel'stve, prirodoobustroytve i mekhanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii* [Innovative solutions in construction, environmental management and mechanization of agricultural production: materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference]. Nalchik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2022. Pp. 133–136. (In Russ.). EDN: MLGJFM
7. Tavasiev R.M., Bedoev M.Yu. Experimental model of small sized spraying machine for potato plants. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2013;50(1):174–177. (In Russ.). EDN: PXPQFF
8. Tavasiev R.M., Dzitssoev A.P. Definition of the main indicators of the sprayer work process. *Perspektivy razvitiya APK v sovremennykh usloviyah. Materialy 10-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Prospects for the development of the agro-industrial complex in modern conditions. Proceedings of the 10th international scientific and practical conference]. Vladikavkaz, 2021. Pp. 261–264. (In Russ.). EDN: FJXRAH
9. Dzitssoev A.P., Tavasiev R.M. Justification of the main parameters of a hydraulic pump unit for applying pesticides. *Perspektivy razvitiya APK v sovremennykh usloviyah. Materialy 10-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Prospects for the development of the agro-industrial complex in modern conditions. Proceedings of the 10th international scientific and practical conference]. Vladikavkaz, 2021. Pp. 258–260. (In Russ.). EDN: KEPYAZ
10. Tavasiev R.M., Dzitssoev A.P. The unit for the care of seedlings in nurseries. *Sel'skij mekhanizator*. 2021;(8):16–17. (In Russ.). EDN: RFTBIH

Сведения об авторах

Тавасиев Рамазан Мусаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Технические системы в агробизнесе», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 5113-4649

Дзиццоев Аркадий Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника и технологии наземного транспорта», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 3643-8139

Information about the authors

Ramazan M. Tavasiev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 5113-4649

Arkady P. Dzitsstsoev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering and Technology of Land Transport, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 3643-8139

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 08.04.2025;
одобрена после рецензирования 28.04.2025;
принята к публикации 07.05.2025.*

*The article was submitted 08.04.2025;
approved after reviewing 28.04.2025;
accepted for publication 07.05.2025.*

Научная статья

УДК 631.5

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-96-103

Повышение эффективности проведения камнеуборочных работ на обрабатываемых полях горных и предгорных территорий

Таймураз Асланбекович Уртаев^{✉1}, Артур Гамлетович Кабалоев²,
Николай Сосланович Джиев³

Горский государственный аграрный университет, улица Кирова, 37, Владикавказ, Россия, 362040

^{✉1}tamu_1984@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-9586-0862>

²kabaloevartur@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8858-2154>

³nsdzhioev@msal.ru

Аннотация. Эффективность технологии точного земледелия так же, как и традиционных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, часто зависит от своевременного решения вопросов по снижению влияния негативных природно-климатических факторов на технико-эксплуатационные показатели и агротехническое качество технологических операций. К негативным факторам, сказывающимся на качестве операций по обработке почв, уходу за растениями и уборке сельскохозяйственных культур в условиях горного и предгорного земледелия, относятся неоднородность почвы по физико-механическому составу и засоренность обрабатываемых полей камнями. Предложенные в исследовании технология и методика могут способствовать снижению затрат труда и времени на мониторинг каменистости полей. Альтернативой применения связи GPS для определения координат может явиться применение инерциальных датчиков, обеспечивающих повышение частоты измерений по сравнению с GPS и камерами (технологиями SLIM) до 400 Гц и более, что на порядок выше частоты видеок кадров 30 Гц. Однако их применение требует расчета результатов в неподвижной системе координат с интегрированием по времени, при котором накапливаются ошибки измерений (дрейф) – чем дольше период измерения, тем больше итоговая ошибка в следующий момент времени, поэтому в идеале целесообразно совместное применение GPS вместе с инерциальными датчиками.

Ключевые слова: каменистая почва, культуртехнические работы, уборка камней, исследование каменистости, очистка полей, почвообрабатывающие машины, картирование полей

Для цитирования: Уртаев Т. А., Кабалоев А. Г., Джиев Н. С. Повышение эффективности проведения камнеуборочных работ на обрабатываемых полях горных и предгорных территорий // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. – 2025. № 2(48). С. 96–103. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-96-103

Original article

Increasing the efficiency of stone removal operations in cultivated fields of mountainous and foothill areas

Taimuraz A. Urtaev^{✉1}, Artur G. Kabaloev², Nikolai S. Dzhioev³

Gorsky State Agrarian University, 37 Kirov Street, Vladikavkaz, Russia, 362040

^{✉1}tamu_1984@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-9586-0862>

²kabaloevartur@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8858-2154>

³nsdzhioev@msal.ru

Abstract. The efficiency of work in precision farming technologies, as well as in traditional crop cultivation technologies, often depends on the timely resolution of issues on reducing the impact of negative natural and climatic factors on the technical and operational indicators and agrotechnical quality of the performed technological operations. Negative factors affecting the quality of soil cultivation, plant care and harvesting of agricultural crops in mountain and foothill farming include heterogeneity in the physical and mechanical composition of the soil and contamination of areas of cultivated fields with stones. The proposed technology and research methodology can reduce labor and time costs for monitoring the stony content of fields. The inertial sensors, alternative to GPS communication using to determine coordinates can be used to provide an increase in the measurement frequency compared to GPS and cameras (SLIM technologies) up to 400 Hz and more, which is an order of magnitude higher than the video frame rate of 30 Hz. However, their use requires calculating the results in a fixed coordinate system with integration over time, during which measurement errors (drift) accumulates – the longer the measurement period, the greater the resulting error the next moment, so it is advisable to use GPS together with inertial sensors consummately.

Keywords: stony soil, cultural engineering, stone harvesting, stony research, field cleaning, tillage machines, field mapping

For citation: Urtaev T.A., Kabaloev A.G., Dzhioev N.S. Increasing the efficiency of stone removal operations in cultivated fields of mountainous and foothill areas. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;2(48):96–103. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-96-103

Введение. Подготовка почв к возделыванию сельскохозяйственных культур в горах и предгорьях РСО – Алания часто связана с проведением культуртехнических работ по расчистке обрабатываемых полей от камней, так как работа техники на каменистых сельскохозяйственных участках характеризуется снижением агротехнического качества, производительности и других технико-эксплуатационных показателей. Ввиду взаимодействия рабочих органов машин с камнями часто происходят поломки и пробуксовки колес тракторов. Для снижения возникающих поломок технологические операции по обработке каменистых почв вынужденно проводят на малых скоростях, что негативно сказывается на производительности работ.

Ежегодное проведение культуртехнических работ по расчистке каменистых почв от камней при помощи традиционных технологий позволяет устранить указанные недостатки в эксплуатации техники, однако это требует больших затрат денег, времени и труда [1, 2]. Расходы на расчистку полей от камней зависят от степени каменистости участков, неоднородности по размерам встречаемых в почве камней, отдалённости участков друг от друга и возможности применения конкретной камнеуборочной технологии и техники.

Цель исследования – разработка инновационной технологии мониторинга с повышенной точностью исследования неоднородности каменистых почв и координат расположения камней на обрабатываемых полях горных и предгорных территорий в целях повышения эффективности проведения камнеуборочных работ с рациональным подбором применяемой для этого техники.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование базируется на методах физического и математического моделирования, обобщения и сравнения. В качестве объекта исследования использована предохранительная система рабочих органов почвообрабатывающей фрезы. Результаты расчетов параметров процесса камнеуборочных работ обработаны с помощью пакета прикладных программ «STATISTICA-5.0».

Результаты исследования. В традиционной технологии камнеуборки рациональный подбор техники для её осуществления связан с необходимостью проведения предварительных исследований на степень засоренности почвы участков камнями. Известные методики таких исследований предполагают использование данных по объёму камней, извлечённых на учётных выкопках пахотного слоя почвы. Исследование участков по диагонали с дальнейшим анализом общего объема извлеченных фракций по выкоп-

кам и расчётом среднего значения позволяет судить о степени засоренности или каменистости почвы участков. Однако такие методы не отличаются достаточной точностью, хотя и позволяют судить о необходимости применения конкретной технологии и спектра конструкций машин. К тому же эти методы сопряжены со значительными затратами труда, времени и финансов, особенно при большой степени неоднородности и отдалённости исследуемых участков друг от друга [3–5].

Приобретение и содержание полноценного комплекса камнеуборочной техники с различными машинами непрерывного и циклического действия требует значительной доли финансовых вложений, поэтому использование принципов точного земледелия в технологиях проведения камнеуборочных работ является обоснованным. К примеру, в хозяйствах горных районов из-за недостаточного объема и неточности данных исследования каменистости камнеуборочной технике приходится проходить участки полей сплошную, работая на максимальной глубине камнеизвлечения, что менее производительно и более энергозатратно по сравнению с локальными работами [5–7].

С учетом вышеизложенного в целях устранения недостатков традиционной технологии камнеуборки и методики исследования каменистости участков полей авторами предложена новая технология, позволяющая определять не только среднюю степень каменистости участков, но и конкретные места распределения фракций, а также места расположения камней, их размеры и глубину залегания в пахотном слое.

Предложенная технология предусматривает несколько вариантов её реализации:

1) предварительное исследование земель на предмет обнаружения камней различных фракций, распределённых на поверхности почвы, с помощью систем компьютерного или машинного зрения, устанавливаемых на наземной или летательной технике, например, на машинно-тракторных агрегатах (МТА), наземных дронах или беспилотных летательных аппаратах (БПЛА);

2) исследование земель на предмет обнаружения поверхностных камней различных фракций с помощью анализа снимков по-

верхности почв, получаемых с платных или бесплатных сервисов спутниковыми средствами дистанционного зондирования (при условии достаточного разрешения снимков для анализа и обработки);

3) исследование участков на предмет наличия не только поверхностных, но и скрытых в пахотном слое почвы камней. Такую технологию возможно реализовать при оснащении МТА, наземного дрона или БПЛА средствами геообследования, работа которых основана на принципе георадарного профилирования и анализа получаемых на радарограммах гиперболических контуров ввиду дифракций, возникающих от камней, скрытых в почве;

4) исследование земель с помощью систем предохранения рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин для каменистых почв со счётчиком срабатываний (обходов камней), отмечающим расположение камней на электронной карте поля либо на самом участке с помощью различных флажков или радиометок на колышках.

Из всех предложенных вариантов исследования каменистости почв наиболее производительным является вариант с применением БПЛА и машинного зрения, а наименее затратным – последний вариант, оснащенный счётчиками и датчиками выглубления, срабатывающими при обходе камней рабочими органами в процессе выполнения операций по обработке почвы или посеву.

При оборудовании плугов этой системой можно будет судить о крупных валунах, так как предохранители рабочих органов таких плугов обычно не чувствительны к камням меньших размеров, вынося их на поверхность почвы. При срабатывании такой системы на машинах для сплошной обработки почвы можно будет судить о наличии камней меньших размеров, залегающих в поверхностном слое. При оборудовании такой системой широкозахватных щелевателей и культиваторов-рыхлителей датчиков может потребоваться значительно больше. По частоте срабатывания и величине выглубления рабочих органов возможно определить степень засоренности и размеры фракций встречаемых камней.

Наилучшее представление о расположении и размерах камней будут давать системы

предохранения на комбинированных почвообрабатывающих агрегатах для сплошной обработки, оборудованных рабочими органами, установленными на различную глубину хода в почве.

Рассмотрим подробно возможности переоборудования систем предохранения почвообрабатывающих орудий для мониторинга

каменистости полей на примере образца предохранителя уравнивающего корпуса плуга Ярославской ГСХА, конструкция которого защищена патентом РФ № 2335107 (рис. 1) [8], и образца предохранительной системы рабочих органов почвообрабатывающей фрезы конструкции Горского ГАУ (рис. 2) [9].

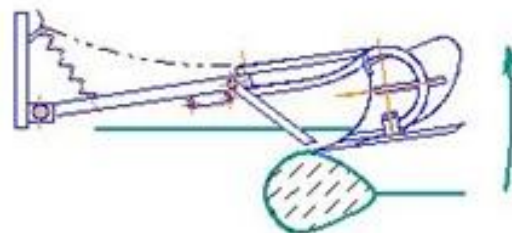
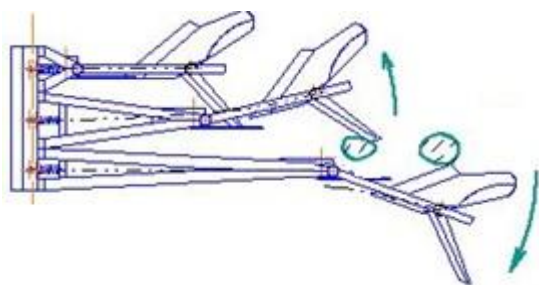


Рисунок 1. Схема работы предохранительной системы от поломок уравнивающих корпусов конструкции плуга Ярославской ГСХА

Figure 1. Scheme of operation of the safety system against breakdowns of balanced bodies of the plow design of the Yaroslavl SAA

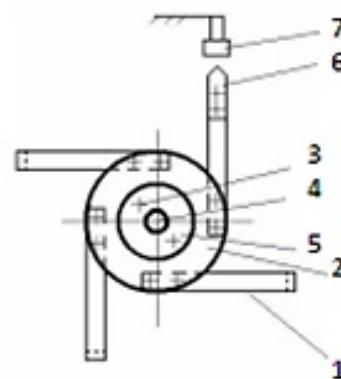
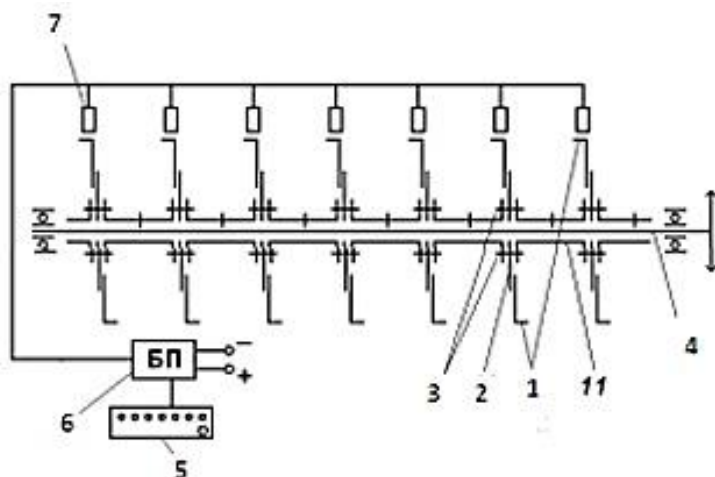


Рисунок 2. Схема почвообрабатывающей фрезы Горского ГАУ, оборудованной системой сигнализации срабатываний предохранительных механизмов секций:

1 – нож; 2 – диск; 3 – срезной болт; 4 – приводной вал; 5 – предохранительная муфта; 6 – маяк ножа; 7 – датчик Холла; 8 – электронный блок сигнализации срабатываний предохранителей; 9 – блок питания

Figure 2. Scheme of the tillage cutter of Gorsky SAU equipped with a system of signaling the operation of safety mechanisms of sections:

1 – knife; 2 – disk; 3 – shear bolt; 4 – drive shaft; 5 – safety clutch; 6 – knife beacon; 7 – Hall sensor; 8 – electronic unit of signaling the operation of safety mechanisms; 9 – power supply

Особенностью первой конструкции является то, что процесс обхода плужным корпусом встречаемых в почве камней может происходить со смещением положения корпусов в двух плоскостях: вертикальной и горизонтальной, что обеспечивается применением

самоустанавливающегося в процессе движения грядилы рабочих органов, реализуемого в ряде случаев флюгерной или маятниковой схемой крепления к раме, либо карданно-шарнирным креплением. Оснатив поворотные звенья секции такого плуга электрони-

кой, позволяющей измерять величину отклонения корпуса от прямолинейного курса в горизонтальной и вертикальной плоскостях во время обхода камней, при движении в почве можно определить их наличие, ориентировочный размер и глубину залегания.

По количеству отклонений с возвратом корпусов в исходное положение на обработанной плугом площади поля можно определить степень засоренности участка и конкретное количество камней, требующих извлечения из пахотного слоя. Распределив записанные данные горизонтальных и вертикальных отклонений плужных корпусов по группам отклонений с помощью средств математического анализа и статистической обработки, получим ориентировочное соотношение различных фракций камней, встретившихся в почве обработанного участка.

Предположим, плуг двигался со определенной скоростью, пройдя определенное расстояние за время, и мы имеем запись с сигналами датчиков отклонения двух соседних плужных секций. В случае поочередного обхода обеими соседними секциями одного и того же камня, расположенного на пути движения плуга, между сигналами датчиков их отклонения будет временной промежуток, обусловленный конструктивной отдаленностью соседних корпусов плуга друг от друга, неравномерностью скорости движения и разницей мест взаимодействия рабочих органов с камнем.

При условии, что оба корпуса плуга обошли камень с отклонением по горизонтали, отклонение первого происходит влево, а второго – вправо, получим размер камня по горизонтали, если камень находился на уровне лемеха и выше. Если оба отклонились больше вверх по вертикали, то возможно, встретился камень, превышающий по размеру ширину обоих корпусов, либо это два находящихся рядом камня. Если отклонение первой секции происходило вверх и влево, а второй секции – вверх и вправо, то очевидно, на их пути встретился один и тот же валун, расположенный посередине следа прохода обеих секций. Если имеем сигналы отклонений обеих секций в одну сторону, и при этом нет временной задержки между ними, то плуг встретился с двумя разными камнями на пути первой и второй секций.

Особенностью предохранительной системы второй конструкции, разработанной учеными Горского ГАУ для рабочих органов почвообрабатывающей фрезы, является возможность регистрации пробуксовок секций ножей фрезы при обходе поверхностных и скрытых камней с помощью предусмотренной в конструкции электронной системы сигнализации, регистрирующей работу каждой из секций, расположенных на приводном валу фрезы по ширине захвата машины.

При пробуксовках какой-либо из секций фрезы, возникающих вследствие взаимодействия её ножей с камнем, по сигналу предусмотренных в конструкции датчиков оборотов секций можно определить, предохранитель какой секции сработал, и в каком месте по ширине захвата расположился камень (с учетом ширины захвата ножей и заданной глубины обработки почвы) [9, 10]. Срабатывание двух или трёх соседних секций с длительной пробуксовкой будет означать взаимодействие с камнем крупных размеров, располагающимся в обрабатываемом пласте.

Таким образом, по количеству срабатываний предохранителей рабочих органов или количеству пробуксовок секций фрезы на приводном валу можно определить степень каменистости и неоднородности распределения камней на исследуемых участках, а также конкретное расположение, ориентировочные размеры камней и глубину их залегания в почве.

Предложенная технология и методика исследования будет способствовать снижению затрат труда и времени на мониторинг каменистости полей. Альтернативой применения связи GPS для определения координат может явиться применение инерциальных датчиков, обеспечивающих повышение частоты измерений по сравнению с GPS и камерами (технологиями SLIM) до 400 Гц и более, что на порядок выше частоты видеокадров 30 Гц. Однако их применение требует расчета результатов в неподвижной системе координат с интегрированием по времени, при котором накапливаются ошибки измерений (дрейф) – чем дольше период измерения, тем больше итоговая ошибка в следующий момент времени, поэтому в идеале целесообразно совместное применение GPS вместе с инерциальными датчиками.

Выводы. 1. Предложена усовершенствованная технология исследования неоднородности каменистых почв полей горных и предгорных территорий с различными вариантами реализации, позволяющая повысить эффективность камнеуборочных работ за счёт рационального подбора технологических операций и техники на основе данных электронных карт с точными координатами

расположения камней и глубиной их залегания, требующих поверхностного сбора и извлечения из пахотного слоя почвы.

2. Предложенные варианты реализации технологии позволяют применить оптимальное решение для мониторинга каменистости почв с учетом предполагаемого уровня технического оснащения и финансовых возможностей хозяйств.

Список литературы

1. Проблемы и перспективы проведения мелиоративных работ в Кабардино-Балкарской Республике / Ю. А. Шекихачев, А. Ш. Тешев, В. Х. Мишхожев [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2024. № 2(62). 16. DOI: 10.51419/202142236. EDN: DFSFVH
2. Оптимизация обработки почвы при выращивании озимых культур в условиях Кабардино-Балкарской Республики / Ю. А. Шекихачев, А. Ш. Тешев, Мишхожев В. Х. [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2024. № 2(62). Р. 33. DOI: 10.51419/202142234. EDN: FTTPDU
3. Винокуров В. Н. Исследование засоренности почв каменистыми включениями и влияния их на полмки плужных лемехов // Лесной вестник. 2012. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-zasorennosti-pochv-kamenistymi-vklyucheniyaми-i-vliyanie-ih-na-polomki-pluzhnyh-lemehov>
4. Аспект засоренности дерново-подзолистой почвы камнями в условиях длительного окультуривания / И. А. Заверткин, О. А. Савоськина, А. В. Шитикова, И. М. Жогин // Владимирский земледелец. 2023. № 4(106). DOI: 10.24412/2225-2584-2023-4106-12-17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aspekt-zasorennosti-derново-podzolistoy-pochvy-kamnyami-v-usloviyah-dlitelnogo-okulturivaniya>
5. Уртаев Т. А., Кудзаев А. Б. Исследование каменистости почв полей горной и предгорной местности РСО – Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51. № 4. С. 238–248. EDN: TCCZCT
6. Уртаев Т. А., Кабалоев А. Г. К обзору и анализу камнеподборщиков и камнеуборочных машин // Перспективы развития АПК в современных условиях: материалы 13-й Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 26–27 мая 2024 года. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2024. С. 209–213.
7. Уртаев Т. А. Дзалаев В. З. Современные технические средства для исследования почв горных и предгорных территорий // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: материалы XII Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 08–10 декабря 2022 года. Владикавказ: Веста, 2022. С. 61–65.
8. Пат. 2335107 Российская Федерация, МПК А01В 13/00. Плуг / В. А. Николаев; патентообладатель ФГБОУ ВО Ярославская сельскохозяйственная академия. № 2006139708/12; заявл. 09.11.2006; опубл. 10.10.2008, Бюл. № 28. 8 с.
9. Пат. 2771361 Российская Федерация, МПК А01В 33/02, А01В 33/14. Почвообрабатывающая фреза / А. Б. Кудзаев, А. Э. Цгоев, И. А. Коробейник [и др.]; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Горский государственный аграрный университет. № 2021125127; заявл. 25.08.2021; опубл. 04.05.2022, Бюл. № 1.
10. Уртаев Т. А. Кудзаев А. Б. Разработка блока управления системой сигнализации фрезы для обработки каменистых почв // Перспективы развития АПК в современных условиях: материалы 10-й Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 10–11 июня 2021 года. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2021. С. 241–246. EDN: CCXHLF

References

1. Shekihachev Yu.A., Teshev A.Sh., Mishkhoshev V.Kh. [et al.] Problems and prospects for melioration work in the Kabardino-Balkarian Republic. *AgroEkoInfo*. 2024;2(62):16. (In Russ.). DOI: 10.51419/202142236. EDN: DFSFVH

2. Shekihachev Yu.A., Teshev A.Sh., Mishkhozhev V.H. [et al.]. Optimization of soil tillage when growing winter crops in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. *AgroEkoInfo*. 2024;2(62):33. (In Russ.). DOI: 10.51419/202142234. EDN: FTTPDU
3. Vinokurov V.N. Investigation of soil contamination with stony inclusions and their effect on breakage of ploughshares. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik*. 2012;(3). (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-zasorennosti-pochv-kamenistymi-vklyucheniymi-i-vliyanie-ih-na-polomki-pluzhnyh-lemehov>
4. Zaverkin I.A., Savoskina O.A., Shitikova A.V., Zhogin I.M. Level of stone contamination of soddy podzolic soil under conditions of long-term cultivation. *Vladimir agricolist*. 2023;4(106):12–17. (In Russ.). DOI: 10.24412/2225-2584-2023-4106-12-17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aspekt-zasorennosti-dernovo-podzolistoy-pochvy-kamnyami-v-usloviyah-dlitelnogo-okulturivaniya>
5. Urtaev T.A., Kudzaev A.B. The study of the soil stoniness in the fields of mountain and foothill areas of North Ossetia-Alania. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2014;51(4):238–248. (In Russ.). EDN: TCCZCT
6. Urtaev T.A., Kabaloev A.G. On the review and analysis of stone pickers and stone-cleaning machines. *Perspektivy razvitiya APK v sovremennykh usloviyakh: materialy 13-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Vladikavkaz, 26–27 maya 2024 goda*. [Prospects for the development of the agro-industrial complex in modern conditions: materials of the 13th International scientific and practical conference, Vladikavkaz, May 26-27 2024]. Vladikavkaz: Gorskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2024. Pp. 209–213. (In Russ.)
7. Urtaev T.A., Dzallaev V.Z. Modern technical means for studying soils of mountainous and foothill areas. *Molodye uchenye v reshenii aktual'nykh problem nauki: materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Vladikavkaz, 08–10 dekabrya 2022 goda* [Young scientists in solving urgent problems of science: materials of the XII International scientific and practical conference, Vladikavkaz, December 08-10, 2022]. Vladikavkaz: "Vesta", 2022. Pp. 61–65. (In Russ.)
8. Pat. 2335107 Russian Federation, Int. Cl A01B 13/00. Plough. V.A. Nikolaev; patent holder FGOU VPO Jaroslavskaja gosudarstvennaja sel'skokhozhajstvennaja akademija. No. 2006139708/12; application 09.11.2006; publ. 10.10.2008, Bull. No. 28. 8 p. (In Russ.)
9. Pat. 2771361 Russian Federation, Int. Cl A01B 33/02, A01B 33/14. Tillage cutter. A.B. Kudzaev, A.E. Tsgoev, I.A. Korobaynik [et al.]; patent holder FGOU VO Gorskiy Gosudarstvennyy Agrarnyy Universitet. No. 2021125127; application 08.25.2021; publ. 05.04.2022, Bull. No. 1. (In Russ.)
10. Urtaev T.A., Kudzaev A.B. Development of a control unit for the signaling system of a cutter for processing stony soils. *Perspektivy razvitiya APK v sovremennykh usloviyakh: materialy 10-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Vladikavkaz, 10–11 iyunya 2021 goda*. [Prospects for the development of the agro-industrial complex in modern conditions: materials of the 10th International scientific and practical conference, Vladikavkaz, June 10-11, 2021]. Vladikavkaz: Gorskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2021. Pp. 241–246. (In Russ.). EDN: CCXHLF

Сведения об авторах

Уртаев Таймураз Асланбекович – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 7380-6906, Researcher ID: AAD-5477-2022

Кабалоев Артур Гамлетович – аспирант кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 3737-5885

Джиоев Николай Сосланович – аспирант кафедры технических систем в агробизнесе, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет», SPIN-код: 5609-6460

Information about the authors

Taimuraz A. Urtaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 7380-6906, Researcher ID: AAD-5477-2022

Artur G. Kabaloev – Postgraduate student of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 3737-5885

Nikolay S. Dzhioev Dzhioev – Postgraduate student of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Gorsky State Agrarian University, SPIN-code: 5609-6460

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 07.05.2025;
одобрена после рецензирования 27.05.2025;
принята к публикации 03.06.2025.*

*The article was submitted 07.05.2025;
approved after reviewing 27.05.2025;
accepted for publication 03.06.2025.*

Пищевые системы

Food Systems

Научная статья

УДК 641.85

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-104-111

**Инновационные технологические решения в разработке
функциональных десертов на основе натурального сыря**

Людмила Гавриловна Влащик^{✉1}, Анна Вячеславовна Тарасенко²,
Виктор Алексеевич Турбин³

^{1,2}Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, улица Калинина, 13,
Краснодар, Россия, 350044

³Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, проспект Академика Вернадского,
4, Симферополь, Россия, 295007

^{✉1}vlacshik@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3735-8367>

²tarasenko_anya1996@mail.ru

³viktor_turbin@mail.ru

Аннотация. Целью исследования явилась разработка технологии десертов функционального назначения на основе натурального ягодного сыря без дополнительного внесения вспомогательных веществ, формирующих аромат и вкус готового продукта. Для исследования использовали виноград красного и белого сортов и голубику, содержащие биологически активные вещества и обеспечивающие функциональность готового продукта. Определены органолептические и физико-химические показатели сыря, подтверждающие их технологические и функциональные свойства. Установлено, что данные виды сыря содержат значительное количество пищевых волокон, позволяющих получить десертные пектино-содержащие продукты. Возможность использования данного сыря в технологии десерта с функциональным направлением обусловлена также высоким содержанием мономерных и полимерных форм фенольных веществ, обладающих антиоксидантными свойствами и Р-витаминной активностью. Для разработки технологии десерта были получены полуфабрикаты из винограда и голубики. Исследование качественных показателей ягод подтвердило их пищевую ценность. Разработана рецептура десерта с повышенным содержанием натуральных растительных биологически активных веществ. Органолептическая оценка разработанных десертов выявила возможность применения виноградного сыря и ягод голубики в виде пюре для производства желе в профилактическом питании.

Ключевые слова: виноград, голубика, функциональный продукт, десерт, желе, рецептура, пюре, биологически активные вещества

Для цитирования: Влащик Л. Г., Тарасенко А. В., Турбин В. А. Инновационные технологические решения в разработке функциональных десертов на основе натурального сыря // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 104–111. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-104-111

Original article

Innovative technological solutions in the development of functional desserts based on natural raw materials

Lyudmila G. Vlaschik^{✉1}, Anna V. Tarasenko², Viktor A. Turbin³^{1,2}Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 13 Kalinin Street, Krasnodar, Russia, 350044³V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 4 Academician Vernadsky Avenue, Simferopol, Russia, 295007^{✉1}vlacshik@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3735-8367>²tarasenko_anya1996@mail.ru³viktor_turbin@mail.ru

Abstract. The aim of the work was to develop a technology for functional desserts based on natural berry raw materials, without addition of auxiliary substances that form the aroma and taste of the finished product. The objects of the research were red and white grapes and blueberries containing biologically active substances and ensuring the functionality of the finished product. The organoleptic and physicochemical indicators of the raw materials were determined, confirming their technological and functional properties. It has been established that these types of raw materials contain a significant amount of dietary fiber, which allows obtaining final dessert pectin-containing products. The possibility of using this raw material in the technology of desserts with a functional direction is confirmed by the high content of monomeric and polymeric forms of phenolic substances with antioxidant properties and P-vitamin activity. To develop the dessert technology, semi-finished products were obtained from grapes and blueberries. A study of their quality indicators berries confirmed their nutritional value. A dessert recipe with an increased content of natural plant biologically active substances has been developed. Organoleptic evaluation of the developed desserts has shown the possibility of using grape raw materials and blueberries in the form of puree for the production of jelly in preventive nutrition.

Keywords: grapes, blueberries, functional product, dessert, jelly, recipe, puree, biologically active substances

For citation: Vlaschik L.G., Tarasenko A.V., Turbin V.A. Innovative technological solutions in the development of functional desserts based on natural raw materials. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):104–111. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-104-111

Введение. Питание – сложный процесс поступления, переваривания и усвоения питательных веществ в организме, необходимых для покрытия энергетических и пластических затрат.

Проблемное питание с недостаточным потреблением необходимых организму веществ в современном мире является основным фактором развития заболеваний желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой и эндокринной систем и многих других систем и органов.

Разработка продуктов специального назначения – развивающееся направление в пищевой промышленности, спрос и популярность которого динамично растет.

Сложная экологическая обстановка, социальные факторы, загруженность, недостаток времени приводят к снижению качества питания у значительной части населения, в связи с чем в настоящее время актуальна разработка и внедрение в производство новых функциональных продуктов питания с содержанием ингредиентов, поддерживающих показатели организма в норме и повышающих сопротивляемость заболеваниям [1, 2].

Главным принципом создания таких продуктов питания является достижение высокого уровня содержания в них биологически активных веществ и гарантированной безопасности изделия. Поэтому одним из направлений гуманистической программы пи-

тания человека, принятой ООН, является внедрение в производство лечебно-профилактических продуктов [2].

Проведя анализ составов различных желе на российском рынке, можно сделать вывод, что во многих из них присутствуют консерванты, красители, а также ароматизаторы, а в некоторых образцах – подсластитель сукралоза [3].

На основе исследуемой проблемы были проведены исследования по разработке десертов функционального назначения на основе натуральных растительных компонентов.

При выборе сырья учитывали его возможность пополнять организм человека макро- и микронутриентами, необходимыми для правильного обмена веществ.

Для исследования были выбраны следующие виды плодово-ягодного сырья: столовый красный виноград «Черный султан», столовый белый виноград «Султана» и ягоды голубики, обладающие высокой биологической ценностью и хорошими вкусовыми качествами [4, 5].

Уникальность голубики и красного винограда – в значительном содержании в них антоцианов, обладающих высокой антиоксидантной и Р-витаминной активностью, тем самым препятствующих окислительным процессам в организме человека и способствующих накоплению аскорбиновой кислоты в органах человека.

Голубика является уникальным источником галловой кислоты, обладающей выраженной антиоксидантной и противовоспалительной активностью. Пищевое и лечебное значение ягодам голубики придает и высокое содержание пектинов, способствующих в той или иной мере формированию желеобразного продукта. Кроме того, пектиновые вещества обладают свойством осаждать ионы двухвалентных металлов и таким образом удалять их из организма [1, 6, 7].

Целью исследования являлось получение из сырья растительного происхождения десертного продукта, отвечающего требованиям к продуктам профилактического питания.

Задачи исследования: подбор растительного сырья с содержанием необходимых нутриентов, обеспечивающих функциональность продукта; разработка технологии и рецептуры десерта на основе натуральных растительных ингредиентов функционального

назначения; оценка качественных показателей готового продукта.

Материалы, методы и объекты исследования. Экспериментальные исследования проводили общепринятыми стандартными методами соответственно действующей нормативно-технической документации.

Для определения физико-химических показателей сырья, полупродуктов и конечного готового продукта использовали методы ИК-спектрофотометрии по ГОСТ 27198-87: общее содержание сахаров и фенольных веществ. Для определения общего и фракционного состава пектиновых веществ применяли кальций-пектатный метод.

Титриметрический метод по ГОСТ ISO 750-2013 использовали для определения общей титруемой и активной кислотности сырья и готовой продукции; содержание сухих веществ определяли рефрактометрическим методом по ГОСТ 28562-90.

Сенсорный метод по ГОСТ ISO 6658-2016 применяли для оценки органолептических показателей десерта.

Объектами исследования были выбраны ягоды красного винограда «Черный Султан», белого винограда «Султана» и ягоды голубики.

Экспериментальные исследования по содержанию биологически активных веществ в винограде представлены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание биологически активных веществ в сырье
Table 1. Content of biologically active substances in raw materials

Показатели	Виноград красный «Черный султан»	Виноград белый «Султана»
Массовая концентрация антоцианов, мг/дм ³	210,5	Менее 5,0
Массовая концентрация фенольных веществ, мг/дм ³	512,2	306,5
Массовая концентрация мономерных фенольных веществ, мг/дм ³	370,3	296,8
Массовая концентрация полимерных фенольных веществ, мг/дм ³	142,5	10,0

Таким образом, можно наблюдать, что наиболее высокое содержание антоцианов и фенольных веществ содержится в красном винограде, преимущественно в кожце, что и обеспечивает его окраску. В белом же сорте их количество значительно меньше.

Функциональность продукта определяется также и содержанием пектиновых веществ – природных биополимеров, состоящих из молекул α -D-галактуроновой кислоты [8].

В растительном сырье пектиновые вещества представлены двумя фракциями: растворимым пектином и протопектином [9, 10].

Исследование винограда по фракционному составу пектиновых веществ как функционального ингредиента для обогащения продукта представлено в таблице 2.

Таблица 2. Содержание и фракционный состав пектиновых веществ исследуемого сырья
Table 2. Content and fractional composition of pectin substances of the studied raw materials

Наименование показателей	Результаты испытаний		
	виноград «Черный султан»	виноград «Султана»	голубика
Пектин общий, %, в том числе:	0,36	0,39	0,64
Растворимый пектин, %	0,25	0,24	0,44
Протопектин, %	0,11	0,15	0,87

Результаты исследований подтвердили наличие в сырье значительного количества пектиновых веществ, способствующих получению конечного пектиносодержащего продукта, обладающего способностью выводить из организма человека токсичные вещества. Комплекс химических составляющих анализируемого сырья позволяет считать его источником биологически активных веществ для организма человека.

Органолептические свойства, в частности вкус, являются одним из ведущих показателей при разработке любых пищевых продуктов.

Содержание сахаров в сырье и продуктах свидетельствует об их питательных и вкусовых достоинствах.

Результаты исследования приведены в таблице 3.

Таблица 3. Показатели общего и фракционного состава сахаров сырья

Table 3. Indicators of the total and fractional composition of raw sugars

Наименование показателей	Содержание сахаров, %		
	сорт винограда		голубика
	Черный султан	Султана	
Массовая доля общего сахара	12,95	16,88	7,65
Массовая концентрация сахарозы	0,37	0,52	0,16
Массовая концентрация глюкозы	6,07	7,95	2,93
Массовая концентрация фруктозы	6,55	8,40	4,56

Моносахара, содержащиеся в сырье, являются легкоусвояемыми и быстро всасываются в кровь, обеспечивая организм необходимой энергией. Высокая концентрация сахара в сырье при разработке рецептуры позволяет не вносить дополнительно сахар для улучшения его органолептических свойств.

Результаты исследования. С учетом изученных качественных показателей сырья разработаны рецептуры десерта, обеспечивающие баланс основных пищевых нутриентов и сохранение органолептических свойств готового продукта на основе пищевой комбинаторики. Для этой цели были приготовлены полуфабрикаты в виде пюре из исследуемых видов сырья и определены качественные показатели, подтверждающие их пищевую ценность.

Органолептическая оценка пюре, имеющего умеренно-плотную консистенцию, показала, что по цвету, вкусу и аромату полученный десертный продукт близок к значениям этих показателей в исходном сырье.

Пищевая ценность сочного растительного сырья определяется содержанием различных компонентов и зависит от вида культуры, сорта, зоны и погодных условий выращивания, агротехники и т. п.

Сухие вещества в растительном сырье представлены углеводами, минеральными веществами, витаминами, кислотами, ду-

бильными веществами. Содержание сухих веществ в сырье учитывается при выборе направления его использования, что влияет на технологические параметры переработки.

При выборе направления использования растительного сырья учитываются содержание в нем сухих веществ и технологические параметры переработки.

Наиболее высоким содержанием сухих веществ (более 65%) характеризуется пюре из ягод голубики. Использование данных

компонентов в рецептуре десерта позволит получить ценный пищевой продукт.

Общая и активная кислотность оказывает влияние на вкусовые достоинства продукта, влияет на режимы технологических параметров, условия и продолжительность хранения готовых продуктов.

Массовая доля сухих веществ, общая титруемая и активная кислотность пюре приведены в таблице 4.

Таблица 4. Качественные показатели пюре изучаемого сырья
Table 4. Qualitative indicators of puree of the studied raw materials

Пюре-полуфабрикат	Массовая доля сухих веществ, %	Общая титруемая кислотность, %	Активная кислотность
Белый виноград	19,32	0,41	4,92
Красный виноград	25,14	0,53	4,88
Голубика	65,06	0,37	5,10

Десертные продукты функциональной направленности должны характеризоваться высокими значениями органолептических показателей (вкус, запах, внешний вид, цвет) и пищевой ценностью.

Для получения продукта, отвечающего указанным требованиям, пюре смешивали с дополнительным загустителем – агар-агаром, выдерживали 15 минут для набухания и проваривали 15 минут до полного растворения агар-агара.

Подготовленные компоненты расфасовывали в стеклянную тару путем наслаивания друг на друга, давая каждому слою остыть для предотвращения смешивания и образования многослойной структуры.

Введение агар-агара в меньшем количестве, чем указано в рецептуре, обусловлено наличием изначально высокого содержания пектина в пюре.

Рецептуры десертов предусматривают следующую последовательность расфасовки рецептурных компонентов в тару:

- рецептура №1 (1:2:2) – голубика, красный виноград, белый виноград;
- рецептура №2 (1:1:1) – голубика, красный виноград, белый виноград;
- рецептура №3 (1:3) – голубика, красный виноград.

В результате были получены три пробных образца готового продукта без внесения обогащающих функциональных добавок.

Главным достоинством рецептур желе является 100%-ное использование натуральных ингредиентов без добавления сахара, красителей и ароматизаторов, что благоприятно сказывается на полезных свойствах продукта.

Все пробные образцы готовых десертов имели хорошие оптимальные органолептические показатели по вкусу, аромату, цвету.

Проанализировав все рецептуры, можно сделать вывод, что продуктом с наиболее оптимальным соотношением компонентов является желе по рецептуре № 1, отличающееся оптимальными и достойными вкусовыми характеристиками наряду с функциональной направленностью всех его составляющих.

Для определения качества готового продукта проводилась оценка физико-химических и органолептических показателей сырья. Результаты исследований представлены в таблице 5.

Анализ значений показателей, приведенных в таблице 5, подтверждает, что предложенный десерт «Желе из винограда и голубики» обладает высокими пищевыми достоинствами.

Таблица 5. Физико-химические показатели качества готового продукта
Table 5. Physicochemical quality indicators of the finished product

Наименование продукта	Массовая доля сухих веществ, %	Общая титруемая кислотность, %	pH	Содержание антоцианов, мг/дм ³	Содержание пектиновых веществ, %
Желе из винограда и голубики	64,0	0,60	4,34	150,7	1,1

По внешнему виду десерты представляют собой многокомпонентную структуру с желеобразной консистенцией из плодово-ягодного сырья с высоким содержанием пектина и антоцианов.

Балльная оценка органолептических показателей желе из винограда и голубики представлена на рисунке 1.

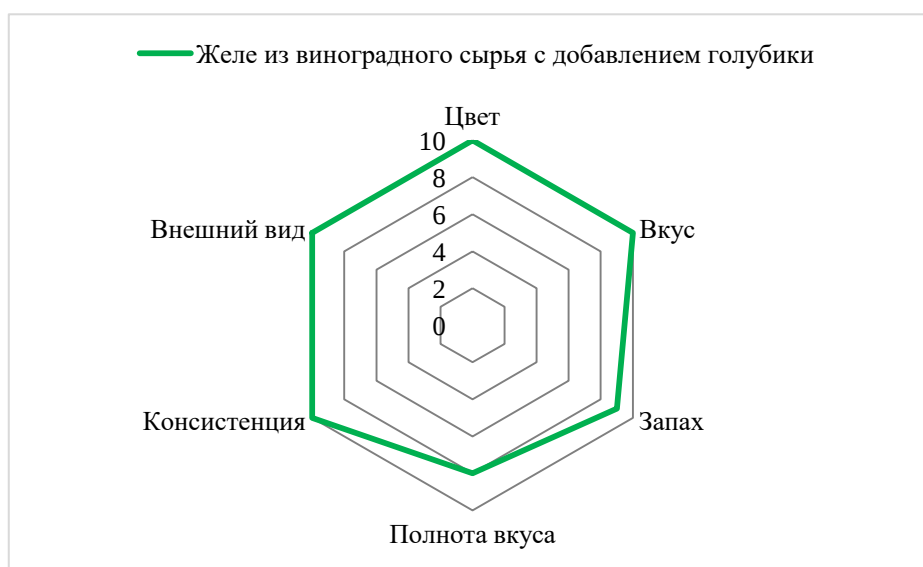


Рисунок 1. Балльная оценка органолептических показателей желе
Figure 1. Scoring of organoleptic indicators of jelly

Данное желе отличается свойственным сырью кисловато-сладким вкусом, свежим ароматом винограда, а также характерной для этого типа десерта желеобразной консистенцией.

Цвет желе также соответствует исходным ингредиентам. Десерт имеет приятный внешний вид.

Разработка новых функциональных продуктов питания из плодово-ягодного сырья,

как культивируемого, так и произрастающего в дикой природе, позволит расширить российский продовольственный рынок.

Выводы. Подтверждена функциональная направленность винограда и голубики для использования их в рецептуре десертов; предложена технология производства виноградно-голубичного желе для профилактического питания; разработаны рецептуры функционального желе.

Список литературы

1. Конакова А. В., Кушакова К. А Влияние биологически активных веществ на организм человека // Научный электронный журнал «Меридиан». 2020. № 11 (45). С. 96–98. EDN: CYTAXT
2. Сергиенко И. В., Куцова А. Е., Куцов С. В. Инновационно-технологические решения в создании функциональных продуктов питания // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 2. С. 126–129. EDN: UAOLTZ

3. Пектиносодержащие желе и витаминизированные соусы на основе натурального плодовоовощного сырья / В. Н. Макаров, Л. Н. Влазнева, А. М. Миронов, Т. А. Черепкова // Пищевая промышленность. 2008. № 5. С. 56–58. EDN: ISERIJ
4. Влащик Л. Г., Тарасенко А. В. Технология производства напитков, обогащенных натуральными растительными ингредиентами с адаптогенными свойствами // Новые технологии. 2020. № 1. С. 30–39. DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10103. EDN: APYHXW
5. Влащик Л. Г., Тарасенко А. В. Исследование продуктов переработки винограда и гибискуса как перспективного сырья для производства экстрактов с повышенными антиоксидантными свойствами // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 1(43). С. 108–116. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-108-116. EDN: RGHKHN
6. Кошечкина А. С., Тумольская Е. В., Перова И. Б. Биологически активные добавки к пище как источники антоцианов // Вопросы питания. 2023. Том 92. № 3. С. 87–91. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-3-87-92. EDN: QAJEGT
7. Мясищева Н. В., Артемова Е. Н., Макаркина М. А. Желирующая способность пектинов свежих и замороженных ягод красной смородины // Техника и технология пищевых производств. 2017. Том 45. № 2. С. 62–68. EDN: ZCOQGB
8. Влащик Л. Г. Влияние параметров гидролиза-экстрагирования на выход и качество пектина из виноградных выжимок // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2003. № 4. С. 23–24. EDN: QCPIDF
9. Biologically active complex with high antioxidant properties based on macrophytes of the azov-black sea basin / L. Donchenko, O. Bityutskaya, L. Vlaschik, N. Limareva // KnE Life Sciences. 2019. P. 592. DOI:10.18502/cls.v5i1.6133
10. Limareva N., Donchenko L., Vlaschik L. Iv international scientific and practical conference anthropogenic transformation of geospace: nature, economy, society' (atg 2019) // Advances in Engineering Research. 2019. T. 191. C. 160. EDN: ORWJTM

References

1. Konakova A.V., Kushakova K.A. The influence of biologically active substances on the human body. *Nauchnyy elektronnyy zhurnal "Meridian"*. 2020;11(45):96–98. (In Russ.). EDN: CYTAXT
2. Sergienko I.V., Kutsova A.E., Kutsov S.V. Innovative technological solutions in creating functional products power. *Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies*. 2015;(2):126–129. (In Russ.). EDN: UAOLTZ
3. Makarov V.N., Vlazneva L.N. Mironov A.M., Cherenkova T.A. Ectincontaining and vitaminized sauces on the basis of natural fruit-and-growing raw materials. *Food processing industry*. 2008;(5):56–57. (In Russ.). EDN: ISERIJ
4. Vlashchik L.G., Tarasenko L.G. Production technology of beverages enriched with natural vegetable ingredients with adaptogenic properties. *New technologies*. 2020;(1):30–39. (In Russ.). DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10103. EDN: APYHXW
5. Vlashchik L.G., Tarasenko L.G. Study of processed grape and hibiscus products as promising raw materials for the production of extracts with increased antioxidant properties. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2024;1(43):108–116. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-108-116. EDN: RGHKHN
6. Koshechkina A.S., Tumolskaya E.V., Perova I.B. Dietary supplements as a source of anthocyanins. *Problems of nutrition*. 2023;92(3):87–91. (In Russ.). DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-3-87-92. EDN: QAJEGT
7. Myasishcheva N.V., Artemova E.N., Makarkina M.A. Jelly-forming ability of pectins of fresh and frozen red currant berries. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2017;45(2): 62–68. (In Russ.). EDN: ZCOQGB
8. Vlashchik, L.G. Vliyanie parametrov gidroliza-ekstragirovaniya na vyhod i kachestvo pektina iz vinogradnykh vyzhimok. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2003;(4):23–24. (In Russ.). EDN: QCPIDF
9. Biologically active complex with high antioxidant properties based on macrophytes of the azov-black sea basin / L. Donchenko, O. Bityutskaya, L. Vlaschik, N. Limareva. *KnE Life Sciences*. 2019. S. 592.
10. Limareva N., Donchenko L., Vlaschik L. Iv international scientific and practical conference anthropogenic transformation of geospace: nature, economy, society' (atg 2019). *Advances in Engineering Research*. 2019. Vol. 191. P. 160. EDN: ORWJTM

Сведения об авторах

Влащик Людмила Гавриловна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 8282-6080

Тарасенко Анна Вячеславовна – аспирант кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 2131-6978

Турбин Виктор Алексеевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры плодовоощеводства и виноградарства института «Агротехнологическая академия», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», SPIN-код: 2626-0403

Information about the authors

Lyudmila G. Vlaschik – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 8282-6080

Anna V. Tarasenko – Postgraduate student of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 2131-6978

Viktor A. Turbin – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Fruit and Vegetable Growing and Viticulture, Institute of "Agrotechnological Academy", V.I. Vernadsky Crimean Federal University, SPIN-code: 2626-0403

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 05.05.2025;
одобрена после рецензирования 20.05.2025;
принята к публикации 27.05.2025.*

*The article was submitted 05.05.2025;
approved after reviewing 20.05.2025;
accepted for publication 27.05.2025.*

Обзорная статья

УДК 658.567.1

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-112-122

Проблемы и перспективы технологий утилизации отходов овощей и фруктов

Кирилл Игоревич Коптелов^{✉1}, Елена Давидовна Горячева²,
Ксения Сергеевна Кузнецова³

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Волоколамское шоссе, 11, Москва, Россия, 125080

^{✉1}kkoptelov18@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8111-463X>

²goryacheva.55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7526-6503>

³kuznetsovaks@mgupp.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2344-4025>

Аннотация. Отходы овощей и фруктов составляют значительную долю от общей массы пищевых отходов не только в России, но и во всем мире. В настоящее время основная масса отходов овощей и фруктов исключается из оборота путем их захоронения на полигонах, что экономически не выгодно и негативно влияет на окружающую среду. Целью данного исследования является сравнительная оценка существующих способов исключения отходов овощей и фруктов из хозяйственного оборота. В результате исследования было установлено, что в России разрешены два вида исключения отходов овощей и фруктов из хозяйственного оборота: захоронение отходов на полигонах или утилизация отходов. Утилизация отходов включает четыре основных варианта: рециклинг, регенерация, рекуперация и использование в качестве возобновляемого источника энергии. Каждый способ утилизации отходов имеет свои достоинства и недостатки. При выборе варианта утилизации отходов овощей и фруктов необходимо предварительно проводить оценку экономической целесообразности переработки конкретного ресурсного потенциала (количества отходов) и последствий негативного влияния на окружающую среду выбранного варианта. Результаты обзора могут быть использованы в качестве материала для дальнейших исследований по совершенствованию технологий переработки отходов овощей и фруктов с использованием новых достижений биотехнологии и биоинженерии.

Ключевые слова: рециклинг, регенерация, рекуперация, ресурсный потенциал, отходы овощей и фруктов, ритейл

Для цитирования: Коптелов К. И., Горячева Е. Д., Кузнецова К. С. Проблемы и перспективы технологий утилизации отходов овощей и фруктов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова 2025. № 2(48). С. 112–122. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-112-122

Review article

Problems and prospects of fruit and vegetable waste disposal technologies

Kirill I. Koptelov^{✉1}, Elena D. Goryacheva², Ksenia S. Kuznetsova³

Russian University of Biotechnology (ROSBIOTECH), 11 Volokolamsk Highway, Moscow, Russia, 125080

^{✉1}kkoptelov18@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8111-463X>

²goryacheva.55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7526-6503>

³kuznetsovaks@mgupp.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2344-4025>

Abstract. Fruit and vegetable waste constitutes a significant share of the total food waste not only in Russia but also worldwide. Currently, the bulk of fruit and vegetable waste is excluded from circulation by burying it in landfills, which is not economically feasible and has a negative impact on the environment. The purpose of this study is to compare existing methods for excluding fruit and vegetable waste from economic circulation. The study found that two types of excluding fruit and vegetable waste from economic circulation are permitted in Russia: burying waste in landfills or recycling waste. Waste recycling includes four main options: recycling, regeneration, recovery, and use as a renewable energy source. Each method of waste recycling has its own advantages and disadvantages. When choosing a recycling option for fruit and vegetable waste, it is necessary to first assess the economic feasibility of processing a specific resource potential (amount of waste) and the consequences of the negative impact on the environment of the selected option. The results of the review can be used as material for further research to improve the technologies for recycling fruit and vegetable waste using new achievements in biotechnology and bioengineering.

Keywords: recycling, regeneration, recovery, resource potential, vegetable and fruit waste, retail

For citation: Koptelov K.I., Goryacheva E.D., Kuznetsova K.S. Problems and prospects of fruit and vegetable waste disposal technologies. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;2(48):112–122. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-112-122

Введение. Всемирная продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО) отмечает, что в 2019 году во всем мире около 678 миллионов человек голодали. В 2021 году число голодающих возросло до 828 миллионов, то есть голодал уже каждый десятый житель планеты [1]. В то же время в глобальном масштабе производство продовольствия достигло уровня, достаточного для полного обеспечения потребностей всего населения Земли, а в некоторых случаях даже превышающего необходимые объёмы [2]. Причиной такого парадокса являлось то, что одна треть продуктов питания, производимых для потребления человеком, утрачивалась в виде пищевых отходов и продовольственных потерь.

Специалисты ФАО, изучающие проблемы потерь в сельском хозяйстве и образования пищевых отходов, отмечают, что сокращение объёмов утраченного продовольствия и уменьшение количества отходов представляют собой более результативный способ повышения доступности пищи, чем увеличение объёмов производства продовольствия [3].

Согласно точке зрения Sarwono R., отходы представляют собой индикатор неэффективности современных общественных систем, выражающейся прежде всего в нерациональном использовании доступных ресурсов, что приводит к их избыточному расходованию и увеличению объёмов непереработанных остатков [4].

Согласно данным, опубликованным представителями ведущих розничных сетей России, овощи, фрукты и зелень занимают лидирующее место в структуре списания продуктов, не пригодных для реализации и употребления. Их доля достигает 60% от общего объёма списанной продукции, что свидетельствует о важности этой категории в образовании пищевых отходов [5].

Аналогичная ситуация наблюдается и в Китае. По данным Wang Y., Pan S., Yin J. et al., в Китае доля фруктов и овощей, теряемых при сборе урожая, транспортировке, сбыте и переработке, составляет почти 30% годового объёма их производства и, как следствие, овощи и фрукты составляют основную долю в пищевых отходах [6].

По утверждению некоторых авторов, увеличение доли отходов овощей и фруктов в общей массе пищевых отходов в ритейле в последние годы определяется выросшим спросом на категорию овощей и фруктов во всем мире из-за стремления населения употреблять натуральные продукты, богатые витаминами и минералами [7].

Целью данного исследования является сравнительная оценка существующих способов исключения отходов овощей и фруктов из хозяйственного оборота для выбора наиболее перспективного пути снижения количества неутилизованных отходов, ускорения перехода к экономике замкнутого цикла и решения экономических и экологических проблем.

Научная новизна работы заключается в использовании при оценке перспективности методов утилизации отходов овощей и фруктов, их ресурсного потенциала и востребованности полученных вторичных продуктов в народном хозяйстве.

Материалы, методы и объекты исследования. При проведении исследований использованы общие методы научного познания, включая изучение литературы в базе данных Google Scholar по теме исследования, отбор наиболее релевантных источников и их систематизация, объединение информации из различных источников в единое целое, формирование общего представления о состоянии исследований по теме, сопоставление и сравнение различных точек зрения. Поиск был ограничен временным периодом с 2018 до 2025 года. В основном для обеспечения объективности данных ис-

пользовались статьи, опубликованные в научных журналах.

В качестве объекта исследования выбраны способы захоронения и утилизации отходов овощей и фруктов.

Результаты исследования. Прежде всего были проанализированы основные причины образования отходов овощей и фруктов и установлены этапы пищевой цепи, где потери продовольствия особенно значительные.

Отходы овощей и фруктов возникают из-за различных факторов: человеческих, технологических, природно-климатических и рыночных [1].

По итогам экспертного опроса, проведенного в Сколково, основная доля потерь продукции растениеводства, а следовательно, потерь овощей и фруктов, приходится на этап их реализации населению (рис. 1) [2].

	 Выращивание и сбор	 Обработка и переработка	 Транспортировка, хранение	 Реализация
Растениеводство	до 10-30%	до 10-25%	до 15%	до 30-45%
Молочное животноводство	до 10-50%	до 10-25%	до 15-35%	до 5-10%
Мясное животноводство	до 20-30%	до 1-5%	до 10-15%	до 5%
Рыболовство	до 20-30%	до 5-20%	до 10%	до 5-10%

Рисунок 1. Потери пищевой продукции для базовых отраслей в России
Figure 1. Food losses for basic industries in Russia

Основными причинами образования отходов овощей и фруктов в ритейле являются:

- несоответствие качества продукции требованиям рынка (окончание сроков хранения продукции, наличие дефектов, снижение потребительских свойств и т. д.);
- неправильное хранение и транспортировка продукции, приводящие к ее порче и потере товарного вида;
- ошибки при выборе ассортимента и закупке товаров, не соответствующих потребительскому спросу или имеющих ограниченный срок годности;
- несоблюдение санитарных норм и правил товарного соседства, что способствует

развитию микроорганизмов и ухудшению качества продукции [8, 9].

Исследования показывают, что при выращивании овощей и фруктов существует вероятность их заражения опасными микроорганизмами, включая *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Shigella*, а также патогенные разновидности *Escherichia coli*, *Campylobacter*, *Clostridium botulinum* и *Clostridium perfringens*. Эти бактерии могут представлять значительный риск для пищевой безопасности и здоровья человека, что подчеркивает необходимость строгого контроля на всех этапах производства и обработки сельскохозяйственной продукции [10]. При нарушении

условий хранения и транспортировки микроорганизмы, загрязняющие продукт, начинают активно размножаться. Это приводит к быстрой порче продукции, её изъятию из оборота и, как следствие, образованию значительного количества отходов [11].

В России обращение с отходами, в том числе с отходами овощей и фруктов, регулируется

Федеральным законом от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 26.12.2024) «Об отходах производства и потребления»¹. В статье 1 данного закона даются определения разрешенных в России способов исключения отходов из хозяйственного оборота (рис. 2).

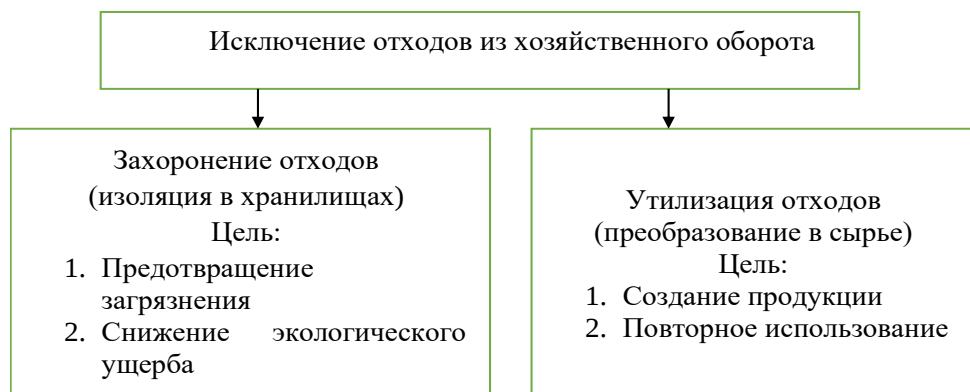


Рисунок 2. Способы исключения пищевых отходов из хозяйственного оборота
Figure 2. Methods for eliminating food waste from economic circulation

Утилизация пищевых отходов, в том числе отходов овощей и фруктов, включает несколько основных вариантов: повторное применение (рециклинг), восстановление полез-

ных характеристик (регенерация), извлечение ценных компонентов (рекуперация), а также использование отходов в качестве источника возобновляемой энергии (рис. 3).

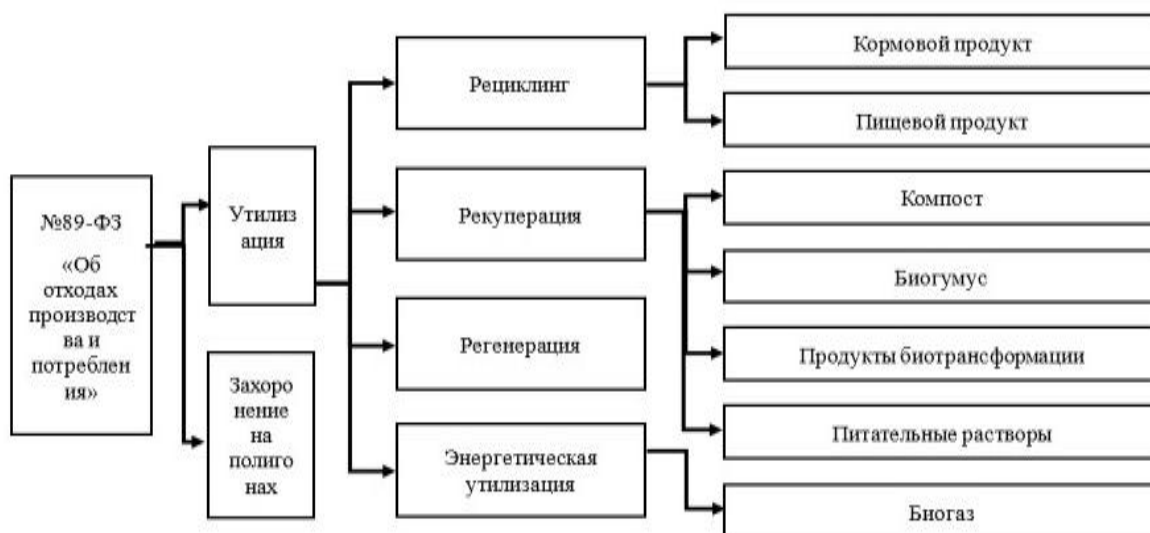


Рисунок 3. Способы утилизации пищевых отходов, в том числе отходов овощей и фруктов
Figure 3. Methods of recycling food waste, including vegetable and fruit waste

¹ Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 26.12.2024) «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=486336&ysclid=m7u4of1ksm869580316>
(дата обращения 10.12.2024)

Согласно мнению главного редактора портала Agroiinvestor.ru Кулистиковой Т., в России 94% отходов овощей и фруктов отправляется на мусорные полигоны и лишь 6% подвергаются утилизации [12].

При захоронении отходов овощей и фруктов на полигонах впустую тратятся необходимые для производства этого вида продовольствия энергетические источники, вода, плодородные почвы, другие ресурсы, и оказывается негативное воздействие на окружающую среду.

Система обращения с отходами, основанная на захоронении отходов, всегда обходится дорого и не приносит экономической выгоды. По утверждению Sarwono R., «система открытого захоронения отходов просто переносит проблему с одного места на другое» [4].

Таким образом, по мнению многих аналитиков, путь исключения отходов, в том числе отходов овощей фруктов, из оборота путем их захоронения неперспективен.

Варианты утилизации отходов, включая их переработку во вторичные продукты, могут быть разнообразными. В соответствии с федеральным законом № 89-ФЗ рециклинг определяется как повторное использование отходов в соответствии с их первоначальным назначением. Для отходов овощей и фруктов рециклинг подразумевает их переработку в продукты, пригодные для употребления в пищу, или использования их в качестве кормов.

Существует ряд технологий рециклинга, позволяющих перерабатывать овощи и фрукты, не имеющие признаков микробиологической порчи, но с наличием дефектов, в продукты, пригодные для употребления в пищу человеком [5, 13, 14].

Однако такие технологии применяются в ограниченных масштабах из-за волатильности количества и качества отходов, которые могут значительно варьироваться в зависимости от географического расположения и временных факторов.

Отходы овощей и фруктов можно перерабатывать в корма для животных. Индийскими исследователями Sahoo A., Sarkar S., Lal B. et al. был проведен эксперимент по оценке эффекта обогащения корма для овец свежими отходами фруктов [15].

Целью исследования было определение влияния добавок свежих отходов фруктов в рацион питания животных на усвояемость ими питательных веществ из сухого корма

(сена) и эффективности экономии питьевой воды. В результате экспериментов было установлено, что усвояемость сухого вещества и сырого протеина значительно повысилась при введении в рацион питания от 10 до 20% отходов фруктов.

Использование отходов овощей и фруктов в качестве кормов или добавок для животных в России сталкивается с серьезными трудностями, связанными с отсутствием законодательной базы. Ранее действовавшие нормы, регулирующие сбор и применение пищевых отходов для кормления скота, были утверждены ещё в 1970 году Министерством сельского хозяйства СССР. Однако эти правила утратили силу после отмены соответствующим приказом Минсельхоза России в апреле 2020 года. Проект Технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности кормов и кормовых добавок» еще не утвержден Евразийской экономической комиссией.

В Постановлении Правительства РФ от 7 октября 2020 г. № 1612 «Об утверждении Положения о порядке изъятия из обращения, проведения экспертизы, временного хранения, утилизации или уничтожения некачественных и (или) опасных пищевых продуктов, материалов и изделий, контактирующих с пищевыми продуктами» установлено, что «в целях утилизации некачественных пищевых продуктов для последующего использования в качестве корма для сельскохозяйственных животных проводится ветеринарно-санитарная экспертиза»¹.

В стандарте ГОСТ Р ИСО 22000-2019 указано, что «пищевая продукция предназначена для потребления людьми и животными и включает в себя корм и пищевую продукцию для животных»². Следовательно,

¹ Постановление Правительства РФ от 7 октября 2020 г. № 1612 «Об утверждении Положения о порядке изъятия из обращения, проведения экспертизы, временного хранения, утилизации или уничтожения некачественных и (или) опасных пищевых продуктов, материалов и изделий, контактирующих с пищевыми продуктами» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/> (дата обращения 1.03.2025)

² ГОСТ Р ИСО 22000-2019. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200166674>. (дата обращения 1.03.2025)

на корма и кормовые добавки, полученные при рециклинге отходов овощей и фруктов, распространяются требования по безопасности, установленные в техническом регламенте ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». В соответствии с установленными требованиями, Приказом Минсельхоза России определено, что пищевые отходы, предназначенные для кормления свиней, в целях обеспечения их безопасности должны проходить термическую обработку продолжительностью не менее 30 минут после момента закипания¹.

Овощи и фрукты обладают высокой биологической ценностью, поэтому метод рекуперации отходов, то есть извлечения полезных компонентов для их повторного применения, используется достаточно широко.

Наиболее широко применяемым вариантом рекуперации отходов овощей и фруктов является их компостирование, то есть переработка отходов, основанная на разложении органических веществ микроорганизмами с получением удобрений высокого качества [16].

Технология компостирования отличается доступностью и простотой реализации. В результате данного процесса образуется экологически чистое и высокоэффективное удобрение, которое способствует улучшению структуры почвы и обогащению её питательными веществами. Применение компоста позволяет значительно сократить или полностью отказаться от использования химических удобрений, что, в свою очередь, снижает затраты на их производство, хранение и транспортировку.

Ключевыми преимуществами компостирования как метода утилизации отходов овощей и фруктов являются его экологическая безопасность и способность к естественному обеззараживанию органического материала благодаря повышению температуры в процессе разложения.

Но существуют и недостатки метода: длительный период созревания, неприятный за-

пах и необходимость наличия значительных площадей снижают его привлекательность [17].

Ускорить процесс созревания компоста и получить органические удобрения улучшенного качества (биогумус) можно путем вермикомпостирования, то есть переработки отходов с использованием специальных видов дождевых червей [18].

Однако производство вермикомпоста требует больших трудозатрат. Корм необходимо добавлять регулярно, и важно следить за тем, чтобы черви не перекармливались. Кроме того, нужно постоянно следить за температурой и влажностью массы, так как эти параметры влияют на активность червей и, как следствие, на скорость процесса [19].

Достижения биотехнологии и биоинженерии позволили решать проблемы утилизации отходов овощей и фруктов путем их биотрансформации в ценные твердые и жидкие органические удобрения и биогаз. Твёрдая фракция получаемого удобрения обогащает почву гуминовыми соединениями и микроэлементами, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур на 50–60%. Жидкая фракция используется в качестве биостимулятора, ускоряющего рост и развитие растений. Биогаз используется для получения тепловой и электрической энергии [20].

Wang Y., Pan S., Yin J. et al. провели сравнение ресурсного потенциала и влияния на глобальное потепление технологий утилизации плодоовощных отходов в Китае, основываясь на различных стратегиях переработки. Установлено, что «силосование» (компостирование) отходов обеспечивает наилучший потенциал извлечения полезных компонентов из овощей и фруктов; анаэробное сбраживание обеспечивает наименьшее негативное влияние на окружающую среду; сжигание позволяет получить тепловую энергию. Оптимальная эффективность утилизации отходов овощей и фруктов достигается при распределении их ресурсного потенциала следующим образом: 56% – анаэробное сбраживание, 30% – силосование и 14% – сжигание [6].

Эргашев Б. А. в своём исследовании изучил возможность переработки отходов овощей и фруктов с целью получения удобрений и биоэнергии. В ходе эксперимента от-

¹ Приказ Минсельхоза России от 21.10.2020 N 621 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания свиней в целях их воспроизводства, выращивания и реализации» от 21 октября 2020 года N 621. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://base.garant.ru/74832101/?ysclid=m7vlht8jcj119207030/> (дата обращения 01.03.2025)

ходы помещались в анаэробные реакторы, где под воздействием определенных микроорганизмов происходил процесс ферментации. В результате выделялся биогаз, состоящий из метана и углекислого газа, и образовывались органические остатки.

Полученный биогаз после очистки использовался для генерации электроэнергии, а органические остатки применялись в качестве удобрений. Использование таких удобрений позволило увеличить урожайность пшеницы на 15% по сравнению с участками, где применялись традиционные химические удобрения. В таблице 1 приведены результа-

ты сравнительной оценки различных методов утилизации отходов овощей и фруктов, полученные Эргашевым Б. А. экспериментально [21].

Пищевые отходы могут быть обработаны и использованы в качестве питательного раствора, обеспечивая устойчивый источник веществ, необходимых для роста растений. Этот метод может использоваться для выращивания сельскохозяйственных культур в районах с плохим качеством почвы. Гидропоническое земледелие со своими преимуществами и недостатками определяет преимущества и недостатки этого метода [22, 23].

Таблица 1. Сравнительная оценка способов утилизации отходов овощей и фруктов
Table 1. Comparative assessment of methods for recycling fruit and vegetable waste

Способы утилизации	Эффективность, (%)	Экономическая выгода	Экологические плюсы	Недостатки
Биоэнергетическая ферментация	80	Высокая	Снижение выбросов CO ₂	Необходимость обучения кадров
Термическая переработка	60	Средняя	Минимизация отходов	Высокие затраты на оборудование
Компостирование	70	Низкая	Улучшение почвенной структуры	Длительный процесс разложения

Возврат отходов овощей и фруктов в хозяйственный оборот после предварительной подготовки, то есть их регенерация, на наш взгляд, практически неосуществима, поскольку восстановление товарного вида списанных продуктов является экономически нецелесообразным.

Интересным решением представляется энергетическая утилизация, то есть использование отходов в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов). Другими словами, энергетическая утилизация отходов – процесс выработки электрической и тепловой энергии в результате сжигания отходов [24].

По данным Эргашева Б. А., энергетическая утилизация отходов овощей и фруктов требует высоких затрат на оборудование, а по расчетам Wang Y., Pan S., Jun Yin J. et al., доля отходов овощей и фруктов, утилизируемых по этому варианту, не должна превышать 14% от общего объема отходов.

Выводы. В ходе исследования была проведена сравнительная оценка существующих способов исключения отходов овощей и

фруктов из хозяйственного оборота. Анализ информационных материалов в области переработки пищевых отходов растительного происхождения показал:

- овощи и фрукты занимают первое место в структуре списания продуктов питания в пищевые отходы как в России, так и во всем мире;

- в настоящее время основная масса отходов овощей и фруктов утилизируется путем их захоронения на полигонах, что экономически не выгодно и негативно влияет на окружающую среду;

- при выборе варианта утилизации отходов овощей и фруктов необходимо предварительно проводить оценку экономической целесообразности переработки конкретного ресурсного потенциала (количества отходов) и последствий негативного влияния на окружающую среду реализации выбранного варианта;

- необходимо продолжать совершенствование технологий переработки отходов овощей и фруктов с использованием новых достижений биотехнологии и биоинженерии.

Список литературы

1. ФАО, МФСР, ЮНИСЕФ, ВПП и ВОЗ. 2021 год. Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире – 2021. Преобразование продовольственных систем в интересах обеспечения продовольственной безопасности, улучшения качества питания и экономической доступности здоровых рационов питания для всех. Рим, ФАО [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.4060/cb4474ru> (дата обращения 10.12.2024)
2. Ким В. В., Галактионова Е. А., Антонец К. В. Продовольственные потери и пищевые отходы на потребительском рынке РФ // *International agricultural journal*. 2020. Т. 63 № 4. С. 1. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10191. EDN: EEFFFC
3. Роберт ван Оттердаик. ФАО: «Сокращение потерь продовольствия и пищевых отходов эффективнее роста производства» [Электронный ресурс]. URL: <https://sdexpert.ru/news/company/robert-van-otterdayk-fao-sokrashcheniepoter-prodovolstviya-i-pishchevykh-otkhodov-effektivneerosta/?ysclid=lqyxfhbfbw708704870> (дата обращения 10.12.2024)
4. Sarwono R. Approaching Zero Waste Management of Municipal Solid Waste (MSW) Integreted with Agricultural, Poultry, Ruminants, Worm and Maggot Farming // *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*. 2023. Vol. 12. No. 7. Pp. 06–10.
5. Российский ритейл против порчи овощей и фруктов: сложности борьбы. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.retail.ru/rbc/pressreleases/luckysnacky-rossiyskiy-riteyl-protiv-porchi-ovoshchey-i-fruktovslozhnosti-borby/?ysclid=lza0sdb0g6476962312> (дата обращения 10.12.2024)
6. Wang Y., Pan S., Yin J. [et al.]. Resource otential and global warming potential of fruit and vegetable waste in China based on different treatment strategies. *Waste Management*. 2022-03-01. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.11.016. URL: <https://typeset.io/papers/resource-potential-and-global-warming-potential-of-fruit-and-2ckmz82n>
7. Новикова К. В., Антинескул Е. А., Ковалев В. Е. Минимизация потерь продовольственного ритейла в России // *Этап: Экономическая теория, анализ, практика*. 2022. № 3. С. 73–92. DOI: 10.24412/2071-6435-2022-3-73-92. EDN: OKLFCY
8. Отходы овощей и фруктов: виды, переработка и повторное использование// *rcycle.net* [Электронный ресурс]. URL: <https://rcycle.net/othody/pishhevye/ovoshhej-i-fruktovs-pererabotka-ispolzovanie> (дата обращения 10.12.2024)
9. Stefanovic L., Freytag-Leyer B., Kahl J. Food System Outcomes: An Overview and the Contribution to Food Systems Transformation // *Journal Frontiers-in-Sustainable-Food-Systems*. 2020. Vol. 4. DOI: 10.3389/fsufs.2020.546167]
10. Микробиологическая контаминация продовольственного сырья и готовой пищевой продукции (аналитический обзор) / А. С. Хишов, О. И. Балагула, А. В. Лаврухина [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. 2023. Т. 53. № .3. С. 486–503. DOI: 10.21603/2074-9414-2023-3-2451. EDN: IVKWII
11. Berthold-Pluta A, Pluta A, Garbowska M. [et al.]. Prevalence and toxicity characterization of *Bacillus cereus* in food products from Poland // *Foods*. 2019. Vol. 8. No. 7. P. 269. DOI: 10.3390/foods8070269
12. Кулистикова Т. Выбросить нельзя использовать. Как снизить объемы уничтожения просроченных продуктов питания // *Агроинвестор* [Электронный ресурс]. 2022. 10. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/38990-vybrosit-nelzyaispolzovat-kak-snizit-obemy-unichtozheniya-prosrochennykh-produktov-pitaniya/> (дата обращения 01.03.2025)
13. Разработка технологий производства функциональных снеков из местного фруктового и овощного сырья / В. Ф. Винницкая, В. Н. Макаров, Д. В. Акишин [и др.] // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2019. № 4. С. 8–14. DOI: 10.24411/2311-6447-2019-10017. EDN: VXRKBK
14. Ковалев В. Е., Новикова К. В., Антинескул Е. А. Кластерный анализ продовольственных ритейлеров России // *Управленец*. 2022.Т. 13. № 2. С. 70–84. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-2-5. EDN: IZQHEA
15. Sahoo A., Sarkar S., Lal B. [et al.]. Utilization of fruit and vegetable waste as an alternative feed resource for sustainable and eco-friendly sheep farming // *Waste Management* 2021. Vol. 128. No. 1. Pp. 232–242. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.04.050
16. Современные технологии переработки. Компостирование / Невский экологический оператор [Электронный ресурс]. URL: <https://spb-neo.ru/okompanii/news/sovremennye-tekhnologii-pererabotki-kompostirovanie/> (дата обращения 11.08.2023)
17. Компостирование [Электронный ресурс]. URL: <https://teh-eco.com/> (дата обращения 01.03.2025)

18. Кошаев А. Г., Кошаева О. В., Елисеев М. А. Биотехнология вермикюльтивирования органических отходов // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 95. С. 594–603. EDN: RVEYOT
19. Методическое руководство по компостированию и вермикомпостированию [Электронный ресурс]. URL: https://www.greencross.by/sites/default/files/files-fordownload/2017/metodicheskoe_rukovodstvo_po_kompostirovaniyu_i_vermikomposti_rovaniyu.pdf/ (дата обращения 01.03.2025)
20. Виды отходов, утилизируемые с помощью биогазовых технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://vseothody.com/> (дата обращения 07.06.2024)
21. Эргашев Б. А. Исследование возможности использования отходов переработки фруктов и овощей для получения биоэнергии и удобрений // Universum: технические науки. 2024. № 6(123). С. 15–16. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17802> (дата обращения: 07.03.2025).
22. Вред и польза гидропоники, преимущества и недостатки метода [Электронный ресурс]. URL: <https://premier-agro.ru/vred-i-polza-gidroponikipreimushhestva-i-nedostatki-metoda/?ysclid=lzb3ytu8wc242251128> (дата обращения 01.03.2025)
23. Преимущества и недостатки гидропоники [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rdm-garden.ru/stati-o-gidroponike/preimuchestva-i-nedostatkigidroponiki/> (дата обращения 01.03.2025)
24. Ляшенко М. Я. Обзор основных технологий преобразования отходов в энергию // Лин-технологии: Бережливое производство. 2023. № 3(42). 64 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://panor.ru/>

References

1. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2021. The State of Food Security and Nutrition in the World – 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome: FAO. [Electronic resource]. URL: <https://doi.org/10.4060/cb4474ru> (accessed: 10.12.2024). (In Russ.)
2. Kim V.V, Galaktionova E.A., Antonevich K.V Food Losses end Food waste in the consumer market of the Russian Federation // International agricultural journal. 2020;63(4):1. (In Russ.). DOI:10.24411/2588-0209-2020-10191. EDN: EEFFFC
3. Robert van Otterdijk. FAO: "Reducing food losses and waste is more effective than increasing production" [Electronic resource]. URL: <https://sdexpert.ru/news/company/robert-van-otterdayk-fao-sokrashchenie-poter-prodovolstviyai-pishchevykh-otkhodov-effektivnee-rosta/?ysclid=lqyxfhbfbw708704870> (accessed: 10.12.2024). (In Russ.)
4. Sarwono R. Approaching Zero Waste Management of Municipal Solid Waste (MSW) Integreted with Agricultural, Poultry, Ruminants, Worm and Maggot Farming. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*. 2023;12(7):06–10.
5. Russian retail against fruit and vegetable spoilage: the challenges of the fight [Electronic resource]. URL: <https://www.retail.ru/rbc/pressreleases/lucky-snacky-rossiyskiy-riteyl-protivporchi-ovoshchey-i-fruktovslozhnosti-borby/?ysclid=lza0sdb0g6476962312> (accessed: 10.12.2024). (In Russ.)
6. Wang Y., Pan S., Yin J. [et al.]. Resource otential and global warming potential of fruit and vegetable waste in China based on different treatment strategies. *Waste Management*. 2022-03-01. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.11.016. URL: <https://typeset.io/papers/resource-potential-and-global-warming-potential-of-fruit-and-2ckmz82n>
7. Novikova K.V., Antineskul E.A., Kovalev V.E. Minimization of losses in food retail in Russia. *ETAP: Economic theory, analysis, practice*. 2022;(3):73–92. (In Russ.). DOI: 10.24412/2071-6435-2022-3-73-92. EDN: OKLFCY
8. Waste of vegetables and fruits: types, processing and reuse [Electronic resource] // rcycle.net. URL: <https://rcycle.net/othody/pishhevye/ovoshhej-i-fruktovs-pererabotka-ispolzovanie> (accessed: 10.12.2024). (In Russ.)
9. Stefanovic L., Freytag-Leyer B., Kahl J. Food System Outcomes: An Overview and the Contribution to Food Systems Transformation // *Journal Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2020;4. DOI: 10.3389/fsufs.2020.546167
10. Hishov A.S., Balagula O.I., Lavrukina A.V. [et al.]. Microbiological contamination of food raw materials and ready-to-eat foods: analytical review. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2023;53(3):486–503. (In Russ.). Doi: 10.21603/2074-9414-2023-3-2451. EDN: IVKWII
11. Berthold-Pluta A, Pluta A, Garbowska M. [et al.]. Prevalence and toxicity characterization of *Bacillus cereus* in food products from Poland. *Foods*. 2019;8(7):269. DOI: 10.3390/foods8070269
12. Kulistikova T. Throw away cannot be used. How to reduce the volume of destruction of expired food products. *Agroinvestor*. [Electronic resource]. 2022. 10. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/38990-vybrosit-nelzyaispolzovat-kak-snizit-obemy-unichtozheniya-prosrochennykh-produktov-pitaniya/> (accessed: 01.03.2025). (In Russ.)

13. Vinnitskaya V., Makarov V., Akishin D. [et al.]. Development of technologies for the production of functional snacks from local fruit and vegetable raw materials. *Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*. 2019;(4): 8–14. (In Russ.). DOI: 10.24411/2311-6447-2019-10017. EDN: VXRKKBK
14. Kovalev V.E., Novikova K.V., Antineskul E.A. Cluster analysis of food retailers in Russia. *Upravlenets*. 2022;13(2):70–84. (In Russ.). DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-2-5. EDN: IZQHEA
15. Sahoo A., Sarkar S., Lal B. [et al.]. Utilization of fruit and vegetable waste as an alternative feed resource for sustainable and eco-friendly sheep farming. *Waste Management*. 2021;128(1): 232–242. Doi: 10.1016/j.wasman.2021.04.050
16. Modern Waste Processing Technologies. Composting [Electronic resource] / Nevsky Ecological Operator. URL: <https://spb-neo.ru/okompanii/news/sovremennye-tehnologii-pererabotki-kompostirovaniye/> (accessed: 11.08.2023). (In Russ.)
17. Composting [Electronic resource]. URL: <https://teheco.com/> (accessed: 01.03.2025). (In Russ.)
18. Koshchaev A.G., Koshchaeva O.V., Eliseev M.A. Biotechnology of organic waste vermicultivation. *Scientific Journal of KubSAU*. 2014;(95):594–603. (In Russ.). EDN: RVEYOT
19. *Metodicheskoe rukovodstvo po kompostirovaniyu i vermikompostirovaniyu* [Methodological Guidelines for Composting and Vermicomposting]. [Electronic resource]. URL: https://www.greencross.by/sites/default/files/filesfordownload/2017/metodicheskoe_rukovodstvo_po_kompostirovaniyu_i_vermikompostirovaniyu.pdf (accessed: 01.03.2025). (In Russ.)
20. *Vidy othodov, utiliziruemye s pomoshch'yu biogazovyh tekhnologij* [Types of Waste Recycled Using Biogas Technologies] [Electronic resource]. URL: <https://vseothody.com/> (accessed: 07.06.2024). (In Russ.)
21. Ergashev B.A. Research into the possibility of using fruit and vegetable processing waste to produce bioenergy and fertilizers. *Universum: Technical Sciences*. 2024;6(123):15-16. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17802> (accessed: 07.03.2025). (In Russ.)
22. Harm and benefit of hydroponics, advantages and disadvantages of the method [Electronic resource]. URL: <https://premier-agro.ru/vred-i-polzagidroponiki-preimushhestva-i-nedostatki-metoda/?ysclid=lb3yту8wc242251128> (accessed: 01.03.2025). (In Russ.)
23. Advantages and Disadvantages of Hydroponics [Electronic resource]. URL: <https://www.rdm-garden.ru/stati-o-gidroponike/preimuchestva-inedostatki-gidroponiki/> (accessed: 01.03.2025). (In Russ.)
24. Lyashenko M.Ya. Review of the main technologies for converting waste into energy. *LEAN-technology: saving production*. 2023. No. 3. 64 p. [Electronic resource]. URL: <https://panor.ru/> (In Russ.)

Сведения об авторах

Коптелов Кирилл Игоревич – аспирант кафедры пищевой безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», SPIN-код: 4029-9257

Горячева Елена Давидовна – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», SPIN-код: 6263-2438, ResearcherID: ISS-1607-202

Кузнецова Ксения Сергеевна – старший преподаватель кафедры пищевой безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», SPIN-код: 7524-1847

Information about the authors

Kirill I. Koptelov – Postgraduate student of the Department of Food Safety, Russian Biotechnological University, SPIN-code: 9355-4280

Elena D. Goryacheva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Department of Food Safety, Russian Biotechnological University, SPIN-code: 6263-2438, ResearcherID: ISS-1607-202

Ksenia S. Kuznetsova – Senior Lecturer, Department of Food Safety, Russian Biotechnological University, SPIN-code: 7524-1847

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 30.04.2025;
одобрена после рецензирования 22.05.2025;
принята к публикации 29.05.2025.*

*The article was submitted 30.04.2025;
approved after reviewing 22.05.2025;
accepted for publication 29.05.2025.*

Научная статья

УДК 664.661

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-123-131

Влияние функциональных добавок и шоковой заморозки на показатели качества хлеба

Наталья Викторовна Сокол^{✉1}, Надежда Викторовна Кенийз²,
Светлана Сергеевна Матчак³

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, улица Калинина,
13, Краснодар, Россия, 350044

^{✉1}sokol_n.v@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9051-8190>

²keniz@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5003-9339>

³lana.nikolenko2001@inbox.ru

Аннотация. Качество и безопасность продуктов питания напрямую зависят от сырьевой базы, выбранной технологии, соблюдения норм выполнения технологического процесса производства и сроков хранения. Повышение пищевой ценности и качества вырабатываемой продукции может осуществляться за счет внедрения функциональных добавок растительного происхождения. Перспективным направлением в хлебопекарном производстве является технология отложенной выпечки, позволяющая гибко организовывать и управлять производственным процессом, обеспечивать более длительное сохранение свежести продукции. В связи с этим целью настоящих исследований явилось изучение влияния растительных добавок и шоковой заморозки на качество хлебобулочных изделий из замороженных полувыпеченных полуфабрикатов. Авторами обоснована целесообразность использования растительных добавок из семян чиа, льна и жмыха амаранта. Установлено, что оптимальной дозировкой функциональной растительной добавки является 10% к массе муки по рецептуре. Для увеличения сроков сохранения свежести хлеба исследовалась возможность использования шоковой заморозки тестовых заготовок с порошком из семян чиа, семян льна и жмыха амаранта. Выпечка заготовок проводилась при температуре 180 °С; время выпечки 20 минут. Частично выпеченные образцы хлеба подвергали шоковой заморозке в течение 30 минут до температуры внутри изделий –18 °С. Хранение частично выпеченных образцов проводилось в холодильной камере при температуре –18 °С в течение 14 суток. Выпечка хлеба из замороженных полуфабрикатов проводилась в 3 этапа. Оценка качества хлеба по органолептическим и физико-химическим показателям показала, что оптимальным является вариант с внесением 10% растительной добавки и применением шоковой заморозки.

Ключевые слова: функциональные добавки, семена льна, семена чиа, жмых амаранта, шоковая заморозка, отложенная выпечка, хлебобулочные изделия

Для цитирования: Сокол Н. В., Кенийз Н. В., Матчак С. С. Влияние функциональных добавок и шоковой заморозки на показатели качества хлеба // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). 123–131. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-123-131

Original article

The effect of functional additives and shock freezing on bread quality indicators

Natalia V. Sokol^{✉1}, Nadezhda V. Keniz², Svetlana S. Matchak³

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 13 Kalinin Street, Krasnodar, Russia, 350044

^{✉1}sokol_n.v@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9051-8190>

²keniz@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5003-9339>

³lana.nikolenko2001@inbox.ru,

Abstract. The quality and safety of food products directly depend on the raw material base, the chosen technology, compliance with the norms of the technological process of production and shelf life. Increasing the nutritional value and quality of manufactured products can be achieved through the introduction of functional additives of plant origin. A promising direction in the bakery industry is the technology of deferred baking, which allows flexible organization and management of the production process, to ensure a longer preservation of the freshness of products. In this regard, the purpose of this research was to study the effect of herbal additives and the use of shock freezing on the quality of bakery products made from frozen semi-baked semi-finished products. The authors substantiate the expediency of using herbal supplements from chia seeds, flax and amaranth oilcake. It has been established that the optimal dosage of a functional herbal supplement is 10% by weight of flour according to the recipe. To increase the time to preserve the freshness of bread, the possibility of using shock freezing of dough blanks with powder from chia seeds, flax seeds and amaranth cake was investigated. The blanks were baked at 180 °C for 20 minutes. Partially baked bread samples were subjected to shock freezing for 30 minutes to a temperature inside the products of minus 18 °C. The partially baked samples were stored in a refrigerator at a temperature of minus 18 °C for 14 days. The baking of bread from frozen semi-finished products was carried out in 3 stages. An assessment of the quality of bread by organoleptic and physico-chemical parameters showed that the optimal option is to add 10% vegetable additives and apply shock freezing.

Keywords: functional additives, flax seeds, chia seeds, amaranth cake, shock freezing, delayed baking, bakery products

For citation: Sokol N.V., Keniz N.V., Matchak S.S. The effect of functional additives and shock freezing on bread quality indicators. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):123–131. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-123-131

Введение. Наряду с ростом производства и расширением ассортимента хлеба и хлебобулочных изделий основными задачами хлебопекарной отрасли являются улучшение качества, повышение пищевой ценности продукта и сохранение изделий в свежем виде [1–3].

В современных условиях, когда наблюдается нехватка питательных веществ в продуктах питания, большое значение имеет разработка сбалансированного рациона. В суточном рационе человека обязательно должны присутствовать биологически активные природные вещества, повышающие пищевую ценность продуктов¹.

Хлеб является продуктом, потребляемым всеми возрастными категориями населения, и поэтому он в первую очередь подлежит обогащению пищевыми функциональными ингредиентами.

Альтернативным сырьем для обогащения хлеба и хлебобулочных изделий функциональными пищевыми ингредиентами является растительное сырье. Применение продуктов

переработки растительного сырья в качестве натуральных биокорректоров позволяет повысить пищевую ценность хлеба и хлебобулочных изделий, обогатить недостающими функциональными пищевыми ингредиентами, расширить ассортимент продукции для здорового питания на отечественном рынке [4].

Наилучшим способом сохранения свежести хлебобулочных изделий на современном этапе является замораживание, так как в хлебопекарной отрасли наряду с крупными хлебопекарными предприятиями активно начинает развиваться малое производство. В этой связи представляет интерес изучение качества хлеба и хлебобулочных изделий, приготовленных по технологии, включающей процесс шоковой заморозки. Данная технология еще недостаточно распространена на хлебопекарных предприятиях и требует дополнительного изучения.

Использование растительного сырья для обогащения хлеба функциональными пищевыми ингредиентами в сочетании с новыми перспективными технологиями хлебопекарного производства, включая шоковую заморозку, является актуальным направлением в развитии отрасли [5].

¹ Постановление Президиума РАН № 178 от 27.11.2018 г. «Об актуальных проблемах оптимизации питания населения России: роль науки». Москва, 2018. 8 с.

Цель исследования – изучение влияния семян чиа, льна, жмыха амаранта и шоковой заморозки на качество хлебобулочных изделий из частично выпеченных полуфабрикатов.

Для достижения цели были определены следующие задачи:

- изучение химического состава растительных добавок и их функциональной роли в технологическом процессе;
- изучение процесса шоковой заморозки в технологии хлеба;
- разработка технологии отложенной выпечки хлеба из замороженных частично выпеченных полуфабрикатов с применением шоковой заморозки;
- изучение влияния вносимых растительных добавок и шоковой заморозки на показатели качества хлеба.

Материалы, методы и объекты исследования. При проведении исследования для оценки качества сырья и готовых изделий были применены общепринятые и специальные методы, регламентируемые соответствующими документами.

Для выпечки хлеба использовали методику пробной лабораторной выпечки [6].

В готовых хлебобулочных изделиях определяли органолептические и физико-химические показатели качества. Органолептическую оценку проводили согласно ГОСТ 5667-65. Показатель пористости определялся на приборе Журавлева ПЖ-1М в соответ-

ствии с ГОСТ 5569-96, кислотность – титриметрическим методом (ГОСТ 5670-96), влажность – по ГОСТ 21094-22.

Используемая технология с шоковой заморозкой полуфабрикатов включала операции: замес теста, брожение теста, разделка теста на куски, формование тестовых заготовок, расстойка тестовых заготовок, частичная выпечка, шоковая заморозка частично выпеченных изделий до температуры внутри изделий -18°C , хранение в холодильной камере в течение 14 дней, выпечка замороженных полуфабрикатов до готовности.

Содержание белка, жира и углеводов в опытных образцах хлеба определяли на приборе «Инфраскан-4200» производства компании экан в соответствии с руководством по эксплуатации.

Объектами исследования являлись пшеничная хлебопекарная мука высшего сорта, растительные добавки (семена чиа, порошок из семян льна, жмых амаранта), замороженные полуфабрикаты и готовые изделия.

Результаты исследования. Основным сырьем в производстве хлеба является мука. От ее качества зависит ход технологического процесса и качество готовых изделий. Поэтому в начале исследования проводилась оценка качества муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, используемой в эксперименте, на соответствие требованиям стандарта. Показатели качества муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели качества муки хлебопекарной высшего сорта
Table 1. Quality indicators of bakery flour of the highest grad

Наименование показателя	Опытный образец	Требования ГОСТ-26574-2017
Влажность, %	$14,0 \pm 0,5$	не более 15,0
Белизна, усл. ед. РЗ-БПЛ	$59 \pm 1,0$	не менее 54
Количество клейковины, %	$29,5 \pm 1,0$	не менее 28,0
Качество клейковины, ед. ИДК	$80 \pm 5,0$	45–90
Число падения с,	$295 \pm 5,0$	не менее 200

Данные таблицы 1 подтверждают, что используемая пшеничная хлебопекарная мука высшего сорта соответствует требованиям ГОСТ 26574.

Выбранные растительные добавки для повышения пищевой ценности хлеба (семена

чиа, порошок семян льна, жмых амаранта) были проанализированы на наличие функциональных пищевых ингредиентов, входящих в их состав. Химический состав растительных добавок приведен в таблице 2 [7].

Таблица 2. Химический состав растительных добавок, 100 г
Table 2. Chemical composition of herbal supplements, 100g

Показатель	Растительная добавка		
	семена чиа	семена льна	жмых амаранта
Белки, г	16,50	18,30	20,00
Жиры, г	30,70	42,20	0,10
Углеводы, г	7,70	1,60	50,0
Пищевые волокна, г	34,40	27,30	1,10
Углеводы (общие), г	42,10	28,90	51,1
Зола, г	4,80	3,70	2,90
Вода, г	5,80	7,00	11,3
Витамины:			
Витамин В ₁ , мг	0,62	1,64	0,12
Витамин В ₂ , мг	0,17	0,16	0,20
Витамин В ₄ , мг	–	78,70	69,80
Витамин В ₅ , мг	–	0,99	1,46
Витамин В ₆ , мг	–	0,47	0,59
Витамин В ₉ , мг	–	87,00	82,00
Витамин С, мг	1,60	0,60	4,20
Витамин Е, мг	0,50	0,31	1,19
Витамин РР, мг	8,83	3,08	0,92
Витамин К, мг	–	4,30	–
Бетаин, мг	–	3,10	67,6
Макроэлементы:			
Калий, мг	407,00	813,00	508,00
Кальций, мг	631,00	255,00	159,00
Магний, мг	335,00	392,00	248,00
Натрий, мг	16,00	30,00	4,00
Сера, мг	165,40	182,90	–
Фосфор, мг	860,00	642,00	557,00
Микроэлементы:			
Железо, мг	7,72	5,73	7,61
Марганец, мг	2,72	2,48	3,33
Медь, мг	0,90	1,22	0,52
Селен, мкг	55,20	25,40	18,70
Цинк, мг	4,58	4,34	2,87
Жирные кислоты:			
Омега-3, г	17,83	22,81	–
Омега-6, г	5,84	5,91	2,7

Из данных, приведенных в таблице 2, видно, что все растительные добавки имеют высокое содержание ценных пищевых веществ, в том числе и эссенциальных, таких как жирные кислоты омега-3, омега-6.

Из исследований, проведенных ранее и имеющихся в научных источниках, известно,

что многие природные компоненты, такие как белки, пектиновые вещества, пищевые волокна, которые по своей природе являются гидроколлоидами, в определенной степени могут выступать как структурообразователи или стабилизаторы замороженного теста [8, 9].

Изучение химического состава исследуемых растительных добавок показало, что они могут быть использованы не только как источник функциональных и пищевых ингредиентов для обогащения хлеба, но и выполнять технологические функции в производстве хлеба с «отложенной выпечкой» за счет наличия в своем составе гидроколлоидов.

Семена чиа обладают высокой влагоудерживающей способностью за счет наличия слизистых гелей, локализованных во внешних слоях оболочки. Высокая влагоудерживающая способность порошка из семян чиа позволяет сохранять структурно-механические свойства теста и физико-химические показатели хлебобулочных изделий в процессе шоковой заморозки и хранения замороженных полуфабрикатов [10].

В наружном слое семенной кожуры льна присутствуют обволакивающие вещества, представленные слизями, которые благоприятно влияют на технологический процесс и способствуют уменьшению вымораживания влаги из полуфабрикатов в процессе хранения.

В порошке из жмыха амаранта содержится большое количество белка и ценное вещество – сквален. Углеводная часть функциональной добавки представлена поли- и олигосахаридами. Присутствие этих веществ в добавке при замесе теста оказывает положительный эффект на реологию теста, физико-химические показатели качества хлеба из замороженных полуфабрикатов.

Присутствующие в растительных добавках гидроколлоиды помогают более эффективно связывать воду в тесте, укрепляя структуру клейковинного комплекса и уменьшая формирование ледяных кристаллов в процессе шоковой заморозки. Витамины, содержащиеся в растительных добавках, также влияют на процесс стабилизации замороженного теста [11].

Данные о химическом составе растительных добавок подтверждают возможность их использования для обогащения хлеба важными для организма веществами и в технологии изготовления хлеба из частично выпеченных замороженных полуфабрикатов.

При замораживании частично выпеченных заготовок хлеба в технологии отложенной выпечки главной проблемой при проведении постепенного замораживания является процесс превращения воды в крупные кристаллы льда, и как следствие, повреждение мембран

дрожжевых клеток, что приводит к ухудшению физико-химических показателей качества замороженных полуфабрикатов.

Для уменьшения процесса кристаллообразования в процессе замораживания полуфабрикатов рекомендуют применять шоковую заморозку. Процесс шоковой заморозки включает три диапазона температур внутри продукта. На первом этапе полуфабрикат охлаждают при диапазоне температур от +20 °C до 0 °C. При этом понижение температурного показателя происходит пропорционально количеству работы по отбору тепла. Во второй фазе охлаждения температура падает с 0 °C до – 5 °C. На этом этапе уже происходит переход жидкости в твердую фазу. При этом работа по отбору тепла достаточно существенна, однако непосредственно температура самого продукта практически не меняется. Большая часть жидкости в изделии кристаллизуется именно в этот промежуток времени. На последнем этапе понижение температуры происходит с –5 °C до –18 °C внутри изделия. Температура снижается пропорционально работе морозильной установки [12].

При проведении эксперимента тесто готовили безопасным способом с внесением различных дозировок 5, 10, 15% порошка из растительных добавок к массе муки по рецептуре.

Производство хлеба с частично «отложенной выпечкой» и обогащенного растительными добавками включало следующие технологические операции: замес теста; брожение теста в течение 150 минут с двумя перебивками теста через 60 минут и внесением порошка растительной добавки во время второй перебивки; разделка теста через 150 минут от начала брожения; расстойка тестовых заготовок при температуре 35 °C и относительной влажности воздуха 80%; частичная выпечка в печи при температуре 180 °C, время выпечки 20 минут; шоковая заморозка полуфабрикатов в течение 30 минут до температуры –18 °C внутри изделия; хранение в морозильной камере при температуре –18 °C; снятие с хранения через 14 дней; выпечка замороженных полуфабрикатов до готовности.

Довыпечка замороженных полуфабрикатов проводилась в трех температурных режимах: первый при 100 °C в течение 10 минут, второй при 150 °C в течение 15 минут, третий при 180 °C в течение 20 минут.

При определении органолептических показателей качества хлеба из замороженных частично выпеченных полуфабрикатов отмечено, что исследуемые образцы с дозировкой 5, 10% растительной добавки соответствовали требованиям, установленным ГОСТ Р 58233-2018 по показателям: форма, окраска корки, цвет мякиша, вкус и пористость. Образец с добавлением растительной добавки 15% имел излишнюю шероховатость поверхности корки, более темный цвет мякиша, наиболее ярко выраженный привкус и аромат растительной добавки.

Физико-химические показатели исследуемых образцов хлеба с растительными добавками, выпеченных из полуфабрикатов после шоковой заморозки, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Физико-химические показатели готовых изделий

Table 3. Physicochemical indicators of finished products

Показатели	Дозировка растительной добавки, %		
	5	10	15
Изделия с семенами чиа			
Влажность мякиша, %	40,8	42,7	45,8
Кислотность мякиша, град	2,3	2,9	3,5
Пористость мякиша, %	73,0	72,2	69,0
Изделия с семенами льна			
Влажность мякиша, %	42,4	43,5	46,0
Кислотность мякиша, град	2,6	3,0	3,5
Пористость мякиша, %	73,4	72,6	70,0
Изделия со жмыхом амаранта			
Влажность мякиша, %	41,4	43,9	46,0
Кислотность мякиша, град	2,2	2,6	3,2
Пористость мякиша, %	72,6	72,4	69,2

Согласно ГОСТ Р 58233-2018 «Хлеб из муки пшеничной. Технические условия» влажность мякиша в хлебе из пшеничной муки высшего сорта должна быть не более 45%; кислотность мякиша – не более 3,0 град.; пористость мякиша – не менее 72%¹. Из данных,

¹ ГОСТ Р 58233-2018. Хлеб из пшеничной муки. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2018. 18 с.

представленных в таблице 3, видно, что физико-химические показатели качества хлеба с дозировками растительных добавок 5 и 10%, выпеченного из замороженных полуфабрикатов, соответствуют требованиям стандарта. Показатели качества образцов хлеба при внесении всех видов растительных добавок в дозировке 15% имели заминающийся мякиш из-за повышенной влажности от 45,6 до 46,0%, толстостенные поры и, как следствие, более низкий показатель пористости мякиша. Показатель кислотности хлеба в этом случае был незначительно выше требований стандарта у всех видов добавок.

В образцах хлеба с дозировкой 10% растительной добавки из семян чиа, порошка семян льна, жмыха амаранта на приборе Инфраскан-4200 было определено содержание белков, жиров и углеводов (табл. 4).

Таблица 4. Результаты анализа готовых изделий на приборе «Инфраскан-4200»

Table 4. Results of chemical analysis of finished products on the «Infraskan-4200» device

Показатели	Контроль, без добавок	Хлеб с растительной добавкой		
		семена чиа	семена льна	жмых амаранта
Белок	7,6	8,2	9,4	9,6
Жир	0,8	3,8	5,0	0,8
Углеводы	49,2	49,9	49,3	54,2

Из данных таблицы 4 видно, что применение растительных добавок в дозировке 10% позволило увеличить содержание белка в хлебе: в варианте с семенами чиа на 7,9%, льна на 19,7%, жмыха амаранта на 26,3%.

Содержание жира в хлебе при добавлении семян чиа увеличилось в 6,5 раза, при добавлении порошка из семян льна в 6,2 раза по сравнению с вариантом без добавок, что можно объяснить высоким содержанием жирных кислот омега-3, омега-6 в их составе. Значительное повышение углеводов (на 10%) отмечено при введении в рецептуру жмыха амаранта.

С учетом данных пищевой ценности хлеба и качества готовых изделий при использовании технологии «отложенной выпечки», включающей шоковую заморозку частично выпеченных полуфабрикатов, было принято решение об использовании растительных добавок в дозировке 10% к массе муки по рецептуре.

Область применения результатов. Полученные в ходе исследования результаты способствуют получению хлеба и хлебобулочных изделий с улучшенными показателями пищевой и биологической ценности в условиях выпечки на малых пищевых предприятиях. Результаты работы будут востребованы хлебопекарными предприятиями и предприятиями общественного питания, ориентированными на производство продуктов здорового питания.

Выводы. Полученные при проведении исследования результаты дают основание сделать вывод, что добавление семян чиа, порошка из семян льна и жмыха амаранта в количестве 10% в хлеб из пшеничной хлебопекарной

муки высшего сорта не ухудшает качество готовых изделий и выполняет функциональную роль криопротектора при шоковой заморозке частично выпеченных хлебных полуфабрикатов. Использование растительных добавок в производстве хлеба способствует повышению пищевой ценности и расширению ассортимента хлебобулочных изделий. Таким образом, можно рекомендовать использование исследованных растительных добавок в технологии «отложенной выпечки» в качестве функциональных пищевых ингредиентов, обогащающих хлеб, изготовленный из частично выпеченных полуфабрикатов после шоковой заморозки, полезными веществами.

Список литературы

1. Функциональные продукты питания: монография / Н. А. Фролова, Н. В. Шкрабтак, Ю. А. Гужель, Ю. А. Праскова. Благовещенск: Изд-во Амурского государственного университета, 2021. 224 с. ISBN: 978-5-93493-375-4. EDN: OCGPBQ
2. Birch C.S., Bonwick G.A. Ensuring the future of functional foods // *International Journal of Food Science and Technology*. 2019. Vol. 54. № 5. Pp. 1467–1485. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14060>
3. Лаптенко Н. С. Севастей Л. И. Инновационные технологии в хлебопечении // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2017. № 2. С. 20–28. EDN: ZCJLWP
4. Борияева Л. З. Влияние нетрадиционного сырья на качество хлеба и сохранение свежести в процессе его хранения // *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова*. 2021. № 3(33). С. 41–45. EDN: DNONAJ
5. Катусов Д. Н., Шалыгина Л. С. Производство замороженного хлеба // *Инновационная наука*. 2017. Т. 2. № 3. С. 35–37. EDN: YGFEIH
6. Василенко И. И. Оценка качества зерна: справочник. Москва: Агропромиздат, 1987. 208 с.
7. Калорийность. Химический состав и пищевая ценность «Мой здоровый рацион» [Электронный ресурс]. URL: <https://health-diet.ru/>
8. Production of bakery products from frozen dough pieces using a cryoprotectant as a yeast cell stabilizer / Kenijz Nadezhda; Koshchaev, Andrey; Sokol Natalia [et al.] // *Indo american journal of pharmaceutical sciences*. 2019. Vol. 6. № 3. Page 6308-6315. DOI: 10.5281/ZENODO.2604252
9. Кенийз Н. В., Сокол Н. В. Технология производства хлеба из замороженных полуфабрикатов с использованием пектина в качестве криопротектора // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2011. № 2-2. С. 92–94. EDN: PCGFHT
10. Проектирование рецептуры и технологии хлебобулочных изделий с применением *Salvia hispanica* (семян чиа) / Ж. В. Новикова, С. М. Сергеева, Т. А. Боходина, Д. С. Лавринович // *Пищевая промышленность*. 2021. № 11. С. 63–66. DOI: 10.52653/PPI.2021.11.11.003. EDN: MEZEFJ
11. Ярыгина И. В., Галкин А. И., Гаврилов С. Д. Шоковая заморозка, как качественный способ сохранения продуктов // *Стандартизация и управление качеством в агропромышленном комплексе: сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции*. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. С. 287–291. EDN: SHWDWG
12. Особенности и перспективы развития технологии шоковой заморозки хлебобулочных изделий / Е. Н. Олейникова, М. А. Янова, Л. Г. Ермош [и др.] // *Хлебопродукты*. 2023. № 10. С. 62–67. DOI: 10.32462/0235-2508-2023-32-10-62-67. EDN: IQVMQT

References

1. Frolova N.A., Shkrabtak N.V., Guzhel' Yu.A., Praskova Yu.A. *Funkcional'nye produkty pitaniya: monografiya* [Functional foods: monograph]. Blagoveshchensk: Izd-vo Amurskogo gosudarstvennogo universiteta, 2021. 224 p. ISBN 978-5-93493-375-4. (In Russ.). EDN: OCGPBQ
2. Birch C.S., Bonwick G.A. Ensuring the future of functional foods. *International Journal of Food Science and Technology*. 2019;54(5):1467–1485. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14060>
3. Laptinok, N.S. Sevastei L.I. Innovative technologies in the bakery prolonging the life of food. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii*. 2017;(2):20–28. (In Russ.). EDN: ZCJLWP
4. Borieva L.Z. The influence of non-traditional raw materials on the quality of bread and the preservation of freshness in the process of its storage. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;3(33):41–45. (In Russ.). EDN: DNONAJ
5. Katusov D.N., Shalygina L.S. Proizvodstvo zamorozhennogo hleba. *Innova-cionnaya nauka*. 2017;2(3):35–37. (In Russ.). EDN: YGFEIH
6. Vasilenko I.I. *Ocenka kachestva zerna: spravochnik* [Grain quality assessment: reference book]. Moscow: Agropromizdat, 1987. 208 p. (In Russ.)
7. Kalorijnost'. Khimicheskij sostav i pishchevaya cennost' "Moj zdorovyy racion" [Electronic resource]. URL: <https://health-diet.ru/> (In Russ.).
8. Kenijz Nadezhda; Koshchaev, Andrey; Sokol Natalia [et al.]. Production of bakery products from frozen dough pieces using a cryoprotectant as a yeast cell stabilizer. *Indo american journal of pharmaceutical sciences*. 2019;6(3):6308–6315. (In Russ.). DOI: 10.5281/ZENODO.2604252
9. Kenijz N.V., Sokol N.V. The development of biotechnological methods of improving the pastry quality. *Bulletin of Michurinsk state agrarian university*. 2011;(2-2):92–94. (In Russ.). EDN: PCGFHT
10. Novikova Zh.V., Sergeeva S.M., Bokholdina T.A., Lavrinovich D.S. Design of recipes and technology for bakery products using salvia hispanica (chia seeds). *Food Processing Industry*. 2021;(11):63–66. (In Russ.). DOI: 10.52653/PPI.2021.11.11.003. EDN: MEZEFI
11. Yarygina I.V., Galkin A.I., Gavrilov S.D. Shock freezing as a high-quality method of preserving products. *Standartizatsiya i upravlenie kachestvom v ag-ropromyshlennom komplekse: sbornik nauchnykh statej Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii* [Standardization and quality management in the agro-industrial complex: collection of scientific articles of the All-Russian scientific and technical conference]. Kursk: ZAO "Universitetskaya kniga", 2023. Pp. 287–291. (In Russ.). EDN: SHWDWG
12. Olejnikova E.N., Yanova M.A., Ermosh L.G. [et al.]. Features and prospects of development of the technology of shock freezing of bakery products. *Khleboprodukt* 2023;(10):62–67. (In Russ.). DOI: 10.32462/0235-2508-2023-32-10-62-67. EDN: IQVMQT

Сведения об авторах

Сокол Наталья Викторовна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код:1488-4080, Scopus ID: 57216852506, Researcher ID: ABC-7301-2021

Кенийз Надежда Викторовна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код:6140-4114

Матчак Светлана Сергеевна – магистрант направления подготовки 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

Information about the authors

Natalia V. Sokol – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 1488-4080, Scopus ID: 57216852506, Researcher ID: ABC-7301-2021

Nadezhda V. Keniz – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 6140-4114

Svetlana S. Matchak – Master's student in the training program 19.04.02 "Food products from plant raw materials", Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 30.04.2025;
одобрена после рецензирования 19.05.2025;
принята к публикации 27.05.2025.*

*The article was submitted 30.04.2025;
approved after reviewing 19.05.2025;
accepted for publication 27.05.2025.*

Научная статья

УДК 664.64:633.811

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-132-140

Формирование показателей качества булочного изделия при добавлении настоя фиалки собачьей (*Viola canina* L.)

Аида Яковлевна Тамахина^{✉1}, Лариса Зрамуковна Бориева²

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}aida17032007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8958-7052>

²borieva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7436-1832>

Аннотация. Современным трендом повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий является использование в качестве дополнительных рецептурных компонентов растительных биологически активных веществ. Целью исследований стала оценка возможности применения надземной части фиалки собачьей (*Viola canina* L.) в производстве булочных изделий. В задачи исследования входили уточнение химического состава надземной части, разработка рецептуры булочного изделия (булочка столичная) с улучшенными качественными характеристиками с использованием настоя *V. canina*. Заготовка сырья проводилась в период массового цветения растений (II–III декады апреля 2023–2024 гг.) в лесополосе городского округа Нальчик. По данным химического анализа в составе экстрактивных веществ травы содержатся водорастворимые полисахариды (10,61%), пектиновые вещества (1,66%), флавоноиды (1,65%), витамин С (109,71 мг%), каротиноиды (6,4 мг%). При замене воды для замеса теста настоем цветков *V. canina* отмечается понижение относительной пластичности и повышение относительной упругости, улучшение вкуса и запаха готовых изделий, увеличение продолжительности расстойки теста на 5 мин по сравнению с контролем. Замена воды настоем травы *V. canina* способствует улучшению реологических свойств и органолептических показателей булочки столичной, сокращению продолжительности расстойки теста на 4 мин по сравнению с контролем за счет повышения бродильной активности дрожжевых клеток. Повышение пищевой ценности булочек с настоем травы *V. canina* обусловлено наличием в их составе пектиновых веществ (0,42 г/100 г продукта), каротиноидов (1,6 мг/100 г), флавоноидов (105 мг/100 г). 100 г булочки столичной с настоем травы *V. canina* удовлетворяет физиологическую потребность взрослого человека на 2,1; 13,3 и 32,6% соответственно. Полученные результаты представляют практический и научный интерес в аспекте расширения применения *V. canina* в производстве хлебобулочных изделий функционального назначения.

Ключевые слова: *Viola canina* L., булочное изделие, настой, водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, флавоноиды, каротиноиды, пищевая ценность

Для цитирования: Тамахина А. Я., Бориева Л. З. Формирование показателей качества булочного изделия при добавлении настоя фиалки собачьей (*Viola canina* L.) // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 132–140.
doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-132-140

Original article

Formation of quality indicators of bakery products with the addition of dog violet (*Viola canina* L.) infusion

Aida Ya. Tamakhina^{✉1} Larisa Z. Borieva²

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030

^{✉1}aida17032007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8958-7052>

²borieva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-7436-1832>

Abstract. A modern trend of increasing the nutritional value of bakery products is the use of plant biologically active substances as additional recipe components. The aim of the research was to assess the possibility of using the above-ground part of *Viola canina* L. in the production of bakery products. The objectives of the study included clarifying the chemical composition of the above-ground part, developing a recipe for a bakery product (Stolichnaya bun) with improved quality characteristics using *V. canina* infusion. Raw materials were harvested during the period of mass flowering of plants (II-III decades of April 2023–2024) in the forest belt near Nalchik. According to chemical analysis, the extractive substances of the herb contain water-soluble polysaccharides (10.61%), pectin substances (1.66%), flavonoids (1.65%), vitamin C (109.71 mg%), carotenoids (6.4 mg%). When replacing water for kneading dough with infusion of *V. canina* flowers, a decrease in relative plasticity and an increase in relative elasticity, an improvement in the taste and smell of finished products, an increase in the dough proofing time by 5 minutes were noted compared to the control. Replacing water with infusion of *V. canina* herb helps to improve the rheological properties and organoleptic indicators of the Stolichnaya bun, and reduce the dough proofing time by 4 minutes compared to the control due to an increase in the fermentation activity of yeast cells. The increase in the nutritional value of buns with infusion of *V. canina* herb is due to the presence of pectin substances (0.42 g/100 g of product), carotenoids (1.6 mg/100 g), flavonoids (105 mg/100 g) in their composition. 100 g of a Stolichnaya bun with infusion of *V. canina* herb satisfies the physiological needs of an adult by 2.1; 13.3 and 32.6%, respectively. The obtained results are of practical and scientific interest in terms of expanding the use of *V. canina* in the production of functional bakery products.

Keywords: *Viola canina* L., bakery product, infusion, water-soluble polysaccharides, pectin substances, flavonoids, carotenoids, nutritional value

For citation: Tamakhina A.Ya., Borieva L.Z. Formation of quality indicators of bakery products with the addition of dog violet (*Viola canina* L.) infusion. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov*. 2025;2(48):132–140. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-132-140

Введение. Производство обогащенных незаменимыми компонентами пищевых продуктов, в частности хлебобулочных изделий, является одной из задач реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года. Коррекция пищевой ценности хлебобулочных изделий в производстве функциональных продуктов питания достигается путем использования в качестве дополнительных рецептурных компонентов растительных биологически активных веществ путем включения в рецептуры экстрактов и настоев лекарственных и ароматических растений с доказанной фармакологической активностью [1]. На сегодняшний день известно 2 тыс. видов растений, из которых производится около 3 тыс. растительных экстрактов и эфирных масел, в том числе 300, имеющих коммерческое значение. Основными биоактивными компонентами лекарственных и ароматических растений являются терпены, терпеноиды, сесквитерпеновые углеводороды и их кислородзамещенные производные, углеводороды в виде нелетучих остатков, стерины, жирные кислоты, каротиноиды и флавоноиды [2, 3].

В связи с тем, что применение местного растительного сырья приводит к снижению себестоимости продукции и повышению экономической эффективности пищевого производства [1], наше внимание привлекла фиалка собачья (*Viola canina* L.), распространенная почти повсеместно в предгорном и среднегорном природно-климатических поясах Кабардино-Балкарии (500–1800 м н. у. м.).

В пищевых производствах применение представителей рода *Viola* ограничено тремя видами: фиалка душистая (*Viola odorata* L.), ф. трехцветная (*V. tricolor* L.), ф. пармская (*Viola odorata* var. *parmensis* Hort.). Цветки этих видов используют для промышленного производства засахаренных фиалок (La Violette de Toulouse), фиалкового сиропа для ароматизации напитков, приготовления фиалковых булочек, зефира, ликеров, конфет [4].

Помимо улучшения органолептических свойств пищевых продуктов, надземная часть фиалок (*Viola herba*) заслуживает внимания благодаря особенностям биохимического состава (все виды фиалок содержат флавоноиды, циклотиды, фенолкарбоновые кислоты,

азотсодержащие соединения, кумарины, антоцианы и др. БАВ) и широкого использования в народной и официальной медицине [5]. Наиболее полно изучен химический состав *V. tricolor* и *V. arvensis*, являющихся сырьем для изготовления фитопрепаратов с противовоспалительным и отхаркивающим действием. Основными действующими веществами *Violaе herba* являются флавоноиды (не менее 1% в абс. сух. сырье) и полисахариды (не менее 8% в абс. сух. сырье) (ФС.2.5.0044.15). Другие представители *Viola*, в частности *V. canina*, изучены фрагментарно.

В народной медицине водные отвары и настои *V. canina* применяют в качестве диуретического, обезболивающего, отхаркивающего средства, при опухолях, болезнях сердца, горла, бронхитах, ларинготрахеитах; наружно в свежем и распаренном виде – при кожной сыпи [6]. В надземной части *Viola canina* содержатся эфирное масло, флавоноиды, кумарины оксикоричные и фенолокислоты, водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлозы [7–10].

Цель исследования – изучение возможности применения надземной части фиалки собачьей (*Viola canina* L.) в производстве булочных изделий. В задачи исследования входили: уточнение химического состава надземной части *V. canina*; разработка рецептуры булочного изделия с улучшенными качественными характеристиками с использованием настоя *V. canina*.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом исследования служила надземная часть *V. canina*. Заготовка сырья проводилась в период массового цветения растений (II–III декады апреля 2023–2024 гг.) в лесополосе городского округа Нальчик. Для определения количественных показателей сырья (цветки, стебли, листья) высушивали при комнатной температуре (22 ± 3 °C) в течение 2-х суток до остаточной влажности 25%. Воздушно-сухое сырье измельчали до размера частиц 3–5 мм.

Содержание суммы флавоноидов в пересчете на рутин (% в абс. сух. сырье) определяли спектрофотометрическим методом ($\lambda=410$ нм, $l=10$ мм); раствором сравнения служил раствор стандартного образца (СО) рутина (2 мл СО + 1 мл 3 % раствора уксусной кислоты + 70% спирт до 25 мл). Содержание

водорастворимых полисахаридов (% на абс. сух. сырье) определяли гравиметрическим методом (ФС.2.5.0044.15); экстрактивных веществ – методом холодного настаивания при соотношении растительного сырья и воды 1:10 (с учетом коэффициента водопоглощения 2,0 мл/г) в течение 60 мин; выпаривание 5 мл водного извлечения на водяной бане, высушивание – в течение 2 ч при температуре 105 °C (ОФС.1.4.1.0018.15). Содержание витамина С (мг% на абс. сух. сырье) определяли методом йодометрического титрования настоя стандартным раствором йода в присутствии индикатора (1 мл 1% раствора крахмала, содержащего 0,01% ртути (II) йодида) (ФС.2.1.0058). Содержание каротиноидов (мг% на сухое сырье) определяли спектрофотометрическим методом ($\lambda=450$ нм, $l=10$) относительно СО (10 мг β -каротина в 1 мл 1% раствора гексана) (ФС.2.5.0106). Аналитическая повторность 3-кратная. Содержание пектинов (% к массовой доле с. в.) в траве *V. canina* определяли путем экстракции сырья 70%-ным этанолом, горячей водой, 0,5%-ной щавелевой кислотой; после упаривания объединенных кислых экстрактов пектины осаждали 96%-ным этанолом, отфильтровывали и промывали выпавший осадок 96%-ным этанолом, затем пектин высушивали [11].

Водный настой для замеса теста готовили горячим способом: измельченное исходное сырье заливали кипяченой горячей водой (80 °C) в соотношении 1:10, настаивали в течение 12 ч при комнатной температуре, отфильтровывали. При замесе теста использовали воду (вар. 1 – контроль), настой цветков (вар. 2), настой травы (вар. 3) с соотношением листьев, стеблей и цветков 3:1:2 соответственно. В водном настое определяли рН (потенциометрическим методом); массовую долю экстрактивных веществ (органические небелковые азотистые и безазотистые соединения).

Тесто для изготовления булочки столичной (контроль) готовили по стандартной рецептуре: мука пшеничная хлебопекарная в. с. (100 кг), дрожжи хлебопекарные прессованные (5 кг), соль пищевая (1,5 кг), сахар (2 кг), маргарин столовый 82% (2 кг), вода (настой) по расчету до влажности теста и мякиша не более 45 и 44,5% соответственно [12]. Оценивали продолжительность расстойки тестовых заготовок массой 100 г при температуре 35 °C

по вариантам. Изделия выпекали в увлажненной пекарной камере (относительная влажность 60–80%) при температуре 230 °С в течение 16±3 мин.

Результаты исследования. По данным химического анализа в составе экстрактивных

веществ надземной фитомассы *V. canina* содержатся водорастворимые полисахариды (10,61%), пектиновые вещества (1,66%), флавоноиды (1,65%), витамин С (109,71 мг%), каротиноиды (6,4 мг%) (табл. 1).

Таблица 1. Биохимический состав надземной части *V. canina*
Table 1. Biochemical composition of the aboveground part of *V. canina*

Компоненты химического состава	2023 г.	2024 г.	Среднее
Водорастворимые полисахариды, %	10,40±0,55	10,82±0,63	10,61
Сумма флавоноидов, %	1,58±0,32	1,72±0,41	1,65
Витамин С, мг%	116,17±2,90	103,25±1,58	109,71
Сумма каротиноидов мг%	6,46±0,12	6,34±0,09	6,40
Экстрактивные вещества, %	23,83±0,30	23,10±0,74	23,47
Пектиновые вещества, %	1,65±0,15	1,67±0,12	1,66

По данным ряда исследователей, в надземной части *Viola canina* содержатся эфирное масло (0,07%) с высоким содержанием метилового эфира салициловой кислоты, флавоны (апигенин, лютеолин), флавоны С-гликозиды (виценин), флавонолы (кверцетин), флавонолы О-гликозиды (рутин, гиперозид, робинин), кумарины (4-оксикумарин, скополетин, эскулетин), оксикоричные кислоты (феруловая, хлорогеновая, кофейная, салициловая), фенолокислоты (эллаговая), водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлозы [7–10].

Высокое содержание свободных карбоксильных групп в пектиновых веществах *V. canina* свидетельствует об их комплексообразующей способности и возможности рекомендовать их в качестве детоксикантов [7]. В составе эфирного масла ф. собачьей идентифицирован ациклический дитерпеноид фитол (55,2%), который отсутствует в эфирных маслах других видов *Viola* [9]. Фитол (составная часть молекул хлорофилла, токоферолов, витамина К1) обладает широким спектром фармакологического действия (антиоксидантное, противовоспалительное, антимикробное, цитотоксическое, противоопухолевое, антимуtagenное, антитератогенное и др.) [13, 14], служит стимулятором активности молочнокислых бактерий [15].

Содержание растворимых сухих веществ в настое цветков 18,5%, в настое травы 25,3%; рН настоев – соответственно 4,2 и 5,5 ед. рН. Продолжительность расстойки тестовых заготовок по вариантам 1, 2 и 3 составила 30±3; 35±3 и 26±2 мин соответственно.

Полученные в результате выпечки булочки различались по органолептическим показателям. Качество булочки с настоем цветков (вар. 2) характеризуется недостаточным объемом, мелкой пористостью, несколько расплывчатой формой, неровной поверхностью, излишне темной окраской мякиша за счет антоцианов. Образец булочки с настоем травы (вар. 3), напротив, отличается улучшенными качественными показателями по сравнению с вар. 2: хороший объем, развитая пористость, ровная поверхность, соответствие заданной формы контролю (табл. 2, рис. 1).

Полная замена воды для замеса теста в рецептуре булочки столичной настоем травы *V. canina* способствовала улучшению реологических свойств теста, повышению относительной пластичности и снижению относительной упругости. В варианте с использованием водного настоя цветков реологические свойства теста относительно вар. 1 и вар. 3 ухудшались (понижение относительной пластичности и повышение относительной упругости изделий) (табл. 3).

Таблица 2. Оценка органолептических показателей булочки столичной, баллы
Table 2. Evaluation of organoleptic indicators of the Stolichnaya bun, points

Показатель	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
Формоустойчивость, Н/D	0,44	0,35	0,47
	9,6	6,5	10
Состояние поверхности корки	Достаточно гладкая, единичные мелкие пузыри	Неровная, без пузырей, глянцевая	Безупречно гладкая, без пузырей, глянцевая
	4	3	5
Состояние мякиша	Эластичный	Мягкий, эластичный	Очень мягкий, нежный, эластичный
	7,5	10	12,5
Аромат (запах)	Выраженный, характерный хлебный	Интенсивно выраженный, характерный хлебный с цветочным ароматом	Интенсивно выраженный, характерный хлебный с легким цветочным ароматом
	10	15,5	12,5
Вкус	Выраженный, характерный хлебный	Интенсивно выраженный, характерный хлебный с ореховым привкусом	Интенсивно выраженный, характерный хлебный
	10	15,5	12,5
Качество булочек по совокупности всех показателей, баллы	41,1	50,5	52,5



Рисунок 1. Булочка столовая на разрезе. Слева направо: вар. 1 (контроль), вар. 2 (настой цветков), вар. 3 (настой травы)

Figure 1. A cross-section of a table bun. From left to right: var. 1 (control), var. 2 (flower infusion), var. 3 (herbal infusion)

Таблица 3. Физико-химические показатели булочки столичной
Table 3. Physicochemical properties of the Stolichnaya bun

Показатель	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
Влажность, %	44,5	44,5	44,5
Кислотность, град.	1,80	1,60	2,00
Формоустойчивость, Н/D	0,44	0,35	0,48
Деформация мякиша, $\Delta H_{\text{общ}}$, ед.пр.	8,89	8,36	11,25
$\Delta H_{\text{упр.}}$, ед.пр.	5,49	5,26	6,68
$\Delta H_{\text{пл.}}$, ед.пр.	3,40	3,32	4,6
Относительная пластичность, $\Delta H_{\text{пл.}} / \Delta H_{\text{общ}}$, %	38,2	34,6	40,9
Относительная упругость, $\Delta H_{\text{упр.}} / \Delta H_{\text{общ}}$, %	61,7	62,9	59,0

Полученные данные свидетельствуют о том, что настой цветков *V. canina* (вар. 2) вследствие бедности среды углеводами и значительного содержания фунгистатически активной салициловой кислоты (в форме карбоксилированных эфиров и фенольных гликозидов) ингибирует активность *Saccharomyces cerevisiae*. При этом высокое содержание фитола придает готовому продукту более насыщенный аромат и вкус по сравнению с другими вариантами.

Настой травы *V. canina* (вар. 3) богат сбраживаемыми углеводами (водорастворимые полисахариды, пектины), антиоксидантами (витамин С, каротиноиды), полифенолами. При его внесении продолжительность расстойки сокращается по сравнению с вар. 1 и 2 соответственно на 4 и 9 мин, что свидетельствует о повышенной бродильной активности *S. cerevisiae*.

Многими авторами подтверждено стимулирующее действие растительных антиоксидантов и полифенолов на активность *S. cerevisiae* [16, 17]. Отмечено угнетение роста дрожжевых клеток под влиянием салициловой, бензойной, сорбиновой, феруловой, кумаровой кислот [18, 19].

Заключение. По данным химического анализа, в составе экстрактивных веществ надземной фитомассы *V. canina* содержится комплекс биологически активных соединений с широким спектром физиологического действия: водорастворимые полисахариды

(10,61%), пектиновые вещества (1,66%), флавоноиды (1,65%), витамин С (109,71 мг%), каротиноиды (6,4 мг%). При замене воды для замеса теста настоем цветков *V. canina* отмечается понижение относительной пластичности и повышение относительной упругости, улучшение вкуса и запаха готовых изделий.

Использование настоя травы *V. canina* способствует улучшению реологических свойств и органолептических показателей булочки столичной. При внесении настоя травы продолжительность расстойки теста сокращается на 4 мин по сравнению с контролем за счет повышения бродильной активности дрожжевых клеток. Повышение пищевой ценности булочек с настоем травы *V. canina* обусловлено наличием в их составе пектиновых веществ (0,42 г/100 г продукта), каротиноидов (1,6 мг /100 г), флавоноидов (105 мг/100 г). Исходя из средней профилактической дозы потребления пищевых волокон, каротиноидов и флавоноидов, 100 г булочки столичной с настоем травы *V. canina* удовлетворяет физиологическую потребность взрослого человека на 2,10; 13,3 и 32,6% соответственно. Выявленные направления действия настоев цветков и травы *V. canina* в отношении *Saccharomyces cerevisiae* представляют практический и научный интерес в аспекте расширения применения фиалки собачьей в производстве хлебобулочных изделий функционального назначения.

Список литературы

1. Бориева Л. З., Тамахина А. Я., Ахкубекова А. А. Формирование показателей качества пшеничного хлеба при добавлении настоя медуницы мягкой (*Pulmonaria mollis*) // Новые технологии. 2019. Вып. 3(49). С. 20–29. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10302. EDN: TCXJSC
2. Разработка технологии хлебобулочных изделий с использованием продуктов переработки мяты перечной / И. Г. Белявская, Е. В. Алексеенко, К. Ф. Капустина, И. Б. Исабаев // Health, Food & Biotechnology. 2019. Т. 1. № 4. С. 53–69. DOI: 10.36107/hfb.2019.i4.s276. EDN: DHNNRO
3. Tariq S., Wani S., Rasoo W. [et al.]. A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens // Microbial Pathogenesis. 2019. No. 134. P. 103580. DOI: 10.1016/j.micpath.2019.103580
4. Князева Т. П., Князева Д. В. Справочник садовода и огородника. Москва: ОЛМА Медиа Групп, 2013. 256 с. ISBN 978-5-373-01706-0
5. Петрова Н. В., Медведева Н. А. Компонентный состав и биологическая активность видов рода *Viola* (Violaceae) флоры России // Химия растительного сырья. 2020. № 2. С. 19–45. DOI: 10.14258/jcprm.2020026305. EDN: VFQLKT
6. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Raeoniaceae* – *Thymelaeaceae*. Ленинград: Наука, 1985. 336 с.

7. Бубенчиков Р. А. Фенольные соединения и полисахариды фиалки собачьей // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2004. № 1. С. 156–159. EDN: OITHVF
8. Тамахина А. Я. Анатомо-морфологические и гистохимические признаки видовой идентификации листьев рода *Viola* L. флоры Кабардино-Балкарии // Известия Горского государственного аграрного университета. 2021. Т. 58. № 2. С. 181–188. EDN: EEFIE
9. Kirillov V., Stikhareva T., Atazhanova G., et al. Composition of essential oil of the aerial parts of *Viola canina* L. growing wild in Northern Kazakhstan // Natural Product Research. 2021. Vol. 35, No. 13. Pp. 2285–2288. DOI: 10.1080/14786419.2019.1669029
10. Немерешина О. Н., Гусев Н. Ф., Малкова Т. Л. О содержании терпенов в лекарственном растительном сырье Южного Урала // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2023. Т. 9. № 1. С. 159–170. DOI: 10.29039/2413-1725-2023-9-1-159-170. EDN: GLJKZF
11. Пат. 2285536 Российская Федерация, МПК А61К 36/86. Способ получения пектинов / Р. А. Бубенчиков, И. Л. Дроздова; патентообладатель Курский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации. № 2005109577/15; заявл. 04.04.2005; опубл. 20.10.2006, Бюл. № 29. 4 с. EDN: HIPRCT
12. Ершов П. С. Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия. Санкт-Петербург: Префикс, 2003. С. 8–11. ISBN 5-286-01365-1
13. Phytol: A review of biomedical activities / M.T. Islam, E.S. Ali, S.J. Uddin [et al.] // Food and Chemical Toxicology. 2018, No. 121. Pp. 82–94. DOI: 10.1016/j.fct.2018.08.032
14. Jeong S. H. Inhibitory Effect of Phytol on Cellular Senescence // Biomedical Dermatology. 2018. Vol. 2, No. 13. Pp. 1–9. DOI: 10.1186/s41702-018-0025-8
15. Effects of Dietary Phytol Supplementation on Growth Performance, Immunological Parameters, Intestinal Bacteria, and Prevention of Oxidative Stress Following Transportation of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* / S. Ahani, S. Ahani, M. Yousefi [et al.] // Aquaculture Nutrition. 2024. Vol. 1. P. 1388002. DOI: 10.1155/2024/1388002
16. Влияние антиоксидантов на рост и биотехнологические свойства хлебопекарных дрожжей / З. Мингалеева, О. Старовойтова, С. Борисова, О. Решетник // Хлебопродукты. 2008. № 6. С. 46–47. EDN: JTEKSJ
17. Активность дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в условиях стресс-провокации плодово-ягодными экстрактами / С. С. Кузьмина, Л. А. Козубаева, Е. Ю. Егорова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 4. С. 819–831. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-819-831. EDN: NRHHCU
18. Elucidating aromatic acid tolerance at low pH in *Saccharomyces cerevisiae* using adaptive laboratory evolution / R. Pereira, E.T. Mohamed, M.S. Radi [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2020. Vol. 117. No. 45. Pp. 27954–27961. DOI: 10.1073/pnas.2013044117
19. Jarboe L.R., Royce L.A., Liu P. Understanding biocatalyst inhibition by carboxylic acids // Frontiers in Microbiology. 2013. Vol. 4. P. 272. DOI: 10.3389/fmicb.2013.00272

References

1. Borieva L.Z., Tamakhina A.Ya., Akhkubekova A.A. Formation of wheat bread quality indicators when adding *Pulmonaria mollis* extract (*Pulmonaria mollis*). *New Technologies*. 2019;3(49):20-29. (In Russ.). DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10302. EDN: TCXJSC
2. Belyavskaya I.G., Alekseenko E.A., Kapustina K.F., Isabaev I.B. The Development of Bread Technology with Peppermint Products. *Health, Food & Biotechnology*. 2019;1(4):53-69. (In Russ.). DOI: 10.36107/hfb.2019.i4.s27. EDN: DHNNRO
3. Tariq S., Wani S., Rasoo W. [et al.]. A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens. *Microbial Pathogenesis*. 2019;(134):103580. DOI: 10.1016/j.micpath.2019.103580
4. Knyazeva T.P., Knyazeva D.V. *Spravochnik sadovoda i ogorodnika* [Gardener's and vegetable grower's handbook]. Moscow: OLMA Media Grupp, 2013. 256 p. (In Russ.). ISBN 978-5-373-01706-0
5. Petrova N.V., Medvedeva N.A. Component composition and biological activity of genus *Viola* (Violaceae) of Russian flora. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020;(2):19–45. (In Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020026305. EDN: VFQLKT

6. *Rastitel'nye resursy SSSR: Cvetkovye rasteniya, ih himicheskij sostav, ispol'zovanie; Semejstva Paeoniaceae – Thymelaeaceae* [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Families Paeoniaceae – Thymelaeaceae]. Leningrad: Nauka, 1985. 336 p. (In Russ.)
7. Bubenichov R.A. Phenolic compounds and polysaccharides of *Viola canina* L. above-ground part. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy.* 2004;(1):156–159. (In Russ.). EDN: OITHVF
8. Tamakhina A.Ya. Anatomico-morphological and histochemical identification traits of the genus *Viola* L. leaves in the flora of Kabardino-Balkaria. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University.* 2021;58(2):181–188. (In Russ.). EDN: EEHFIE
9. Kirillov V., Stikhareva T., Atazhanova G. [et al.]. Composition of essential oil of the aerial parts of *Viola canina* L. growing wild in Northern Kazakhstan. *Natural Product Research.* 2021;35(13):2285–2288. DOI: 10.1080/14786419.2019.1669029
10. Nemereshina O.N., Gusev N.F., Malkova T.L. About the content of terpenes in medicinal plant raw materials of the Southern Urals. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry.* 2023;9(1):159–170. (In Russ.). DOI: 10.29039/2413-1725-2023-9-1-159-170. EDN: GLJKZF
11. Pat. 2285536 Russian Federation, IPC A61K 36/86. Method for obtaining pectins. R.A. Bubenichov, I.L. Drozdova; patent holder Kursk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. No. 2005109577/15; application 04.04.2005; publ. 20.10.2006, Bul. No. 29. 4 p. (In Russ.). EDN: HIPRCT
12. Ershov P. S. *Sbornik receptur na hleb i hlebobulochnye izdeliya* [Collection of recipes for bread and bakery products]. Saint Petersburg: Prefix, 2003. Pp. 8–11. (In Russ.). ISBN 5-286-01365-1
13. Islam M.T., Ali E.S., Uddin S.J. [et al.]. Phytol: A review of biomedical activities. *Food and Chemical Toxicology.* 2018;(121):82–94. DOI: 10.1016/j.fct.2018.08.032
14. Jeong S.H. Inhibitory Effect of Phytol on Cellular Senescence. *Biomedical Dermatology.* 2018;2(13):1–9. DOI: 10.1186/s41702-018-0025-8
15. Ahani S., Ahani S., Yousefi M. [et al.]. Effects of Dietary Phytol Supplementation on Growth Performance, Immunological Parameters, Intestinal Bacteria, and Prevention of Oxidative Stress Following Transportation of Nile Tilapia. *Oreochromis niloticus. Aquaculture Nutrition.* 2024;2024(1):1388002. DOI: 10.1155/2024/1388002
16. Mingaleeva Z., Starovoitova O., Borisova S., Reshetnik O. Influence of antioxidants on growth and biotechnological properties of Yeast. *Khleboпродукты.* 2008;(6):46–47. (In Russ.). EDN: JTEKSJ
17. Kuzmina S.S., Kozubaeva L.A., Egorova E.Yu. [et al.]. Effect of Berry Extracts on *Saccharomyces cerevisiae* Yeast. *Food Processing: Techniques and Technology.* 2021;51(4):819–831. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-819-831. EDN: NRHNCU
18. Pereira R., Mohamed E. T., Radi M. S. [et al.]. Elucidating aromatic acid tolerance at low pH in *Saccharomyces cerevisiae* using adaptive laboratory evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2020;117(45):27954–27961. DOI: 10.1073/pnas.2013044117
19. Jarboe L.R., Royce L.A., Liu P. Understanding biocatalyst inhibition by carboxylic acids. *Frontiers in Microbiology.* 2013;(4):272. DOI: 10.3389/fmicb.2013.00272

Сведения об авторах

Тамахина Аида Яковлевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры садоводства и лесного дела, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4714-5835

Бориева Лариса Зрамуковна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов из растительного сырья, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 6734-9872

Information about the authors

Aida Ya. Tamakhina – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Commodity research, tourism and law, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4714-5835

Larisa Z. Borieva – Candidate of Technical Sciences, an associate professor of the Department of Plant Products Technology, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 6734-9872

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 30.04.2025;
одобрена после рецензирования 22.05.2025;
принята к публикации 27.05.2025.*

*The article was submitted 30.04.2025;
approved after reviewing 22.05.2025;
accepted for publication 27.05.2025.*

Научная статья

УДК 663.52

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-141-147

Изменение состава среды при пастеризации сусла для приготовления дрожжей в спиртовом производстве

Мадина Борисовна Хоконова^{✉1}, Джамиля Расуловна Созаева²,
Инал Юрьевич Бегидов³

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}dinakbgsha77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

²djamalia-84@mail.ru

³begidov@mail.ru

Аннотация. Данная работа посвящена определению изменения аминокислотного состава среды спиртового сусла, осахаренного солодом и поверхностной культурой плесени, до и после пастеризации. Исследования проводились в ООО «Премииум» и на кафедре «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» Кабардино-Балкарского ГАУ в 2023–2024 гг. В качестве объектов исследований служили осахаренное сусло до и после пастеризации, бражка, пшеничный солод, культура *Aspergillus oryzae*. Исследовали кукурузное сусло, осахаренное в первом варианте смесью солодов (ячмень 35, овес 35, просо 30%); во втором – поверхностной культурой плесени *Aspergillus oryzae*. Установлено, что пастеризация сусла, осахаренного различными агентами, сказывается в большей степени на среде, осахаренной поверхностной культурой плесени *Aspergillus oryzae*. В этом случае при пастеризации теряется 26,5% аминокислот, в то время как в осахаренном солодом сусле 14,2%. Тенденция к убыли наблюдается у всех шести кислот, за исключением L-лейцина, содержание которого в пастеризованном сусле, осахаренном культурой плесневого гриба, тоже несколько ниже, чем в пробе с пастеризованным суслом. Определено, что при пастеризации среды аминокислотный состав ее существенно не изменяется, однако температурному воздействию больше подвергаются аминокислоты в сусле, осахаренном поверхностной культурой плесневых грибов *Aspergillus oryzae*. Общее содержание аминокислот в крахмалсодержащих средах, осахаренных солодом и поверхностной культурой плесени, после пастеризации примерно одинаково и достаточно для обеспечения аминным азотом дрожжегенерацию и брожение.

Ключевые слова: сусло, аминокислотный состав среды, пастеризация, осахаривание, спиртовые дрожжи

Для цитирования: Хоконова М. Б., Созаева Д. Р., Бегидов И. Ю. Изменение состава среды при пастеризации сусла для приготовления дрожжей в спиртовом производстве // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 141–147.
doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-141-147

Original article

Changing the composition of the medium during pasteurization of wort for the preparation of yeast in alcohol production

Madina B. Khokonova^{✉1}, Dzhamilya R. Sozaeva², Inal Y. Begidov³

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030

^{✉1}dinakbgsha77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

²djamalia-84@mail.ru

³begidov@mail.ru

Abstract. This work is devoted to determining changes in the amino acid composition of the alcohol wort medium before and after pasteurization, saccharified with malt and surface mold culture. The studies were conducted at Premium LLC and at the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University in 2023–2024. The objects of the study were saccharified wort before and after pasteurization, mash, wheat malt, and *Asp. Oryzae* culture. The study was carried out on corn wort, saccharified in the first variant with a mixture of malts (barley 35, oats 35, millet 30%); in the second one with a surface culture of *Aspergillus oryzae* mold. It was found that pasteurization of wort saccharified with various saccharifying agents has a somewhat greater effect on the environment where it was saccharified with a surface culture of *Aspergillus oryzae* mold. The corn wort saccharified in the first variant with a mixture of malts (barley 35, oats 35, millet 30%) was studied; in the second one with a surface culture of the mold *Aspergillus oryzae*. It was found that pasteurization of the wort saccharified with various saccharifying agents affects to a slightly greater extent the environment where the surface culture of the mold *Aspergillus oryzae* was saccharified. In this case, 26.5% of amino acids are lost during pasteurization, while in the wort saccharified with malt 14.2%. A tendency for the loss to increase is observed for all six acids, with the exception of L-leucine, the content of which in the pasteurized wort saccharified by the mold fungus culture is also somewhat lower than in the pasteurized wort sample. It was determined that during pasteurization of the medium, its amino acid composition does not change significantly, but amino acids in the wort saccharified by the surface culture of the mold fungi *Aspergillus oryzae* are more exposed to temperature effects. The total content of amino acids in starch-containing media saccharified by malt and the surface culture of mold after pasteurization is relatively the same and is sufficient to provide amino nitrogen for yeast generation and fermentation.

Keywords: wort, amino acid composition of the medium, pasteurization, saccharification, alcohol yeast

For citation: Khokonova M.B., Sozaeva D.R., Begidov I.Y. Changing the composition of the medium during pasteurization of wort for the preparation of yeast in alcohol production. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2025;2(48):141–147. (In Russ.).
doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-141-147

Введение. Современные технологии спирта должны базироваться на использовании концентрированного зернового сусла, способствующего повышению рентабельности производства, сокращению энергозатрат, снижению объемов образования послеспиртовой барды [1, 2]. Одна из важных задач производства спирта – повышение физиологической активности дрожжей с целью сокращения сроков дрожжегенерирования и брожения [3].

Для обеспечения стабильных процессов генерации дрожжей и спиртового брожения необходимо подобрать условия подготовки концентрированного зернового сусла, асимилированного дрожжевыми клетками. При этом немаловажную роль играют физиологически активные расы спиртовых дрожжей, которые должны обладать высокой осмофильностью [4].

Подготовка среды определенного качества – основной момент непрерывного процесса дрожжегенерации. Необходимое количество питательных веществ обеспечивает нормаль-

ную жизнедеятельность дрожжей при отсутствии посторонней микрофлоры.

Для ведения дрожжей на пастеризованном сусле важно изменение аминокислотного состава среды после пастеризации [5, 6]. Проведены определения содержания аминокислот в сусле до и после пастеризации методом адсорбции, на колонках, заполненных ионообменной смолой с последующим вымыванием этиловым спиртом [7].

Целью работы являлось определение изменений аминокислотного состава среды спиртового сусла до и после пастеризации, осахаренных солодом и поверхностной культурой плесени.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования проводились в ООО «Премиум» и на кафедре «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» Кабардино-Балкарского ГАУ в 2023–2024 гг.

В качестве объектов исследований служили осахаренное сусло до и после пастеризации, бражка, пшеничный солод, культура *Aspergillus oryzae*.

Адсорбция проводилась на двух колонках: 1-я колонка 0,6×150 см, заполненная ионообменной смолой Dowex 50×12×200×400 м; фракция 40±7 м; скорость протекания среды 12–15 мл/час; температура 50 °±0,5 °С; 2-я колонка 0,6×15 см, заполненная смолой Dowex 50×12×200×400 м; фракция 20±5 м; скорость протекания среды 26–30 мл/час; температура 50 °±0,5 °С.

Исследовали кукурузное сусло, осахаренное в первом варианте смесью солодов (ячмень 35, овес 35, просо 30%); во втором – поверхностной культурой плесени *Aspergillus oryzae*.

Концентрация сусла в обоих случаях была до пастеризации 16,2 ° по сахарометру; кислотность 0,2 °; pH 5,2.

После пастеризации концентрация сусла была в обоих вариантах 16,1 °; кислотность 0,2 °Д; pH 5,2.

Основные аминокислоты вымывались 0,35 н нитратным буфером с pH 5,28.

Результаты исследования. По результатам исследований проанализировали спиртовое сусло на содержание аминокислот до и после пастеризации (табл. 1).

Таблица 1. Изменение аминокислотного состава среды при пастеризации
Table 1. Changes in the amino acid composition of the medium during pasteurization

Аминокислота	Характеристика образцов							
	осахаривание солодом				осахаривание поверхностной культурой			
	до пастеризации, τ/мл	к общему количеству, %	после пастеризации, τ/мл	к общему количеству, %	до пастеризации, τ/мл	к общему количеству, %	после пастеризации, τ/мл	к общему количеству, %
Аспарагиновая кислота	112,0	8,53	108,3	9,61	129,0	8,51	94,2	8,44
Треонин	56,4	4,29	31,1	2,76	82,5	5,44	79,1	7,10
Серин	52,3	3,98	53,6	4,75	84,0	5,54	71,1	6,40
Глютаминовая кислота	109,3	8,32	136,2	12,09	158,0	10,40	95,8	8,60
Пролин	36,2	2,76	33,4	2,96	57,2	3,77	55,0	4,93
Глицин	99,1	7,54	86,2	7,65	120,8	7,96	86,7	7,77
Аланин	127,0	9,68	116,6	10,34	135,1	8,90	48,2	4,32
Цистеин	16,7	1,27	9,8	0,87	24,1	1,58	11,8	1,06
Валин	80,6	6,14	51,0	4,53	80,0	5,27	78,7	7,05
Метионин	22,0	17,3	15,3	1,36	23,7	1,56	24,5	2,20
L-лейцин	145,7	11,10	119,2	10,57	137,5	9,06	117,9	10,57
Лейцин	52,9	3,98	54,7	4,86	78,5	5,17	51,2	4,58
Тирозин	49,2	3,75	42,6	3,78	53,7	3,53	56,1	5,02
Фенилаланин	60,3	4,59	48,7	4,33	81,1	5,35	71,4	6,40
Лизин	100,0	7,62	62,0	7,30	55,9	3,68	38,0	3,40
Гистидин	96,6	7,28	62,0	5,50	73,5	4,85	50,6	4,53
Аргинин	97,7	7,44	76,0	6,74	143,0	9,43	85,0	7,62
Итого	1313,2	100	1126,7	100	1517,6	100	1115,2	100

Пастеризация сусла, осахаренного различными агентами, сказывается в большей степени на среде, осахаренной поверхностной культурой плесени *Aspergillus oryzae*. В этом

случае при пастеризации теряется 26,5% аминокислот, в то время как в осахаренном солодом сусле 14,2%.

В непастеризованном сусле, осахаренном поверхностной культурой плесневых грибов, содержание аминокислот превышает на 16% содержание их в сусле, осахаренном солодом; в пастеризованном сусле оно снижается за счет процесса пастеризации на 26,5%, и содержание аминокислот становится почти одинаковым в обоих вариантах осахаривания. Существенная разница в убыли аминокислот, а следовательно и аминного азота, при пастеризации объясняется возможностью возникновения реакции меланоидинообразования, условия для которой лучше при осахаривании поверхностной культурой плесени *Aspergillus oryzae*, производящей более глубокое и сложное расщепление углеводов на сахара, которые вступают в реакцию с аминокислотами, образуя меланоидины [8, 9].

Значительную долю в составе аминокислот составляют основные кислоты – лизин, гистидин, аргинин, общее содержание которых 18–22,3%.

Пастеризация среды существенно не меняет содержания в ней метионина и цистеина.

При пастеризации среды аминокислотный состав его существенно не изменяется, однако температурному воздействию больше подвергаются аминокислоты в сусле, осахаренном поверхностной культурой плесневых грибов *Aspergillus oryzae*.

Общее содержание аминокислот в крахмалсодержащих средах, осахаренных солодом и поверхностной культурой, плесени, по-

сле пастеризации сравнительно одинаково и достаточно для обеспечения аминным азотом дрожжегенерации и брожения.

Меланоидины в питательной среде отрицательно влияют на размножение дрожжей и брожение [10].

В процессе термической обработки сред для дрожжегенерации при 75 °С в течение 30 мин. имеет значение изменение содержания меланоидинов в процессе пастеризации. Содержание меланоидинов в сусле до и после пастеризации определяется по количеству в среде азота меланоидинов [11–13].

Метод основан на предварительном удалении белковых веществ и осаждении меланоидинов гидратом окиси меди с последующей минерализацией и количественным определением азота по Кьельдалю.

Содержание азота рассчитывали по формуле:

$$x = \frac{0,14 \cdot 1000(A - B)}{12,5} = 11,2(A - B),$$

где

A – количество 0,01 н раствора H₂SO₄, взятого для улавливания аммиака при отгонке, мл;

B – количество 0,01 н раствора NaOH, взятого на титрование раствора H₂SO₄, мл.

По полученным данным, содержание азота меланоидинов в пастеризованном сусле существенно отличается от содержания его в непастеризованном сусле (табл. 2).

Таблица 2. Изменение содержания азота меланоидинов при пастеризации сусла
Table 2. Changes in the content of melanoidin nitrogen during pasteurization of wort

Анализируемая среда	Осахаривающий агент	Концентрация сусла до и после пастеризации, °Б	Содержание азота меланоидинов, τ/мл		
			до пастеризации, τ/мл	после пастеризации, τ/мл	увеличение содержания азота меланоидинов, %
Сусло кукурузное	Смесь солодов (ячмень + овес + просо)	16,0	123,2	145,6	14,8
	Поверхностная культура	16,0	117,6	143,4	22,1
Сусло ячменное	Поверхностная культура	16,0	89,6	123,2	37,0
	Смесь солодов (ячмень + овес + просо)	16,0	89,6	112,0	25,0

Содержание азота меланоидинов увеличивается в среде после пастеризации на 14,8–37,0%. В сусле, осахаренном поверхностной культурой плесневых грибов *Aspergillus oryzae*, количество азота меланоидинов выше, чем при осахаривании смесью солодов, на 7,3–12%.

В таблице 3 показана убыль вышеперечисленных кислот при пастеризации сусла, осахаренного солодом и поверхностной культурой плесневых грибов *Aspergillus oryzae*.

Таблица 3. Убыль аминокислот при пастеризации сусла
Table 3. Depletion of amino acids during pasteurization of wort

Аминокислота	Содержание, т/мл					
	осахаривание сусла солодом			осахаривание сусла поверхностной культурой		
	до пастериза- ции	после пастериза- ции	убыль	до пастериза- ции	после пастериза- ции	убыль
L-лейцин	145,7	119,2	26,5	137,5	117,9	19,6
Глицин	99,1	86,2	12,9	120,8	86,7	34,1
Аланин	127,0	116,6	10,4	135,1	48,2	86,9
Аспарагиновая кислота	112,0	108,3	3,7	129,0	94,2	34,8
Глутаминовая кислота	109,3	136,2	26,9	158,0	95,8	62,2
Аргинин	97,7	76,0	21,7	143,0	85,0	58
Итого	690,8	642,5	48,3	823,4	527,8	295,6

Тенденция к убыли наблюдается у всех шести кислот, за исключением L-лейцина, содержание которого в пастеризованном сусле, осахаренном культурой плесневого гриба, тоже несколько ниже, чем в пробе с пастеризованным суслом, осахаренным солодом (на 1,3 т/мл).

Пентозы, имеющие место при осахаривании культурами плесневых грибов, являются хорошими реагентами с аминокислотами для образования меланоидинов; увеличение содержания в среде азота меланоидинов объясняет прямую зависимость убыли аминокислот при пастеризации сусла, особенно при осаха-

ривании поверхностной культурой плесневых грибов *Aspergillus oryzae*.

Выводы. При пастеризации среды аминокислотный состав его существенно не изменяется, однако температурному воздействию больше подвергаются аминокислоты в сусле, осахаренном поверхностной культурой плесневых грибов *Aspergillus oryzae*. Общее содержание аминокислот в крахмалсодержащих средах, осахаренных солодом и поверхностной культурой плесени, после пастеризации примерно одинаково и достаточно для обеспечения аминным азотом дрожжегенерацию и брожение.

Список литературы

1. Метод переработки крахмалсодержащего сырья при получении концентрированного зернового сусла / В. И. Степанов, Л. В. Римарева, В. В. Иванов, А. Ю. Шариков // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2007. № 3. С.16-17. EDN: IAMNFB
2. Поляков В.А. Разработка инновационных ресурсосберегающих технологий для спиртовой промышленности // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2013. № 1. С. 19–25. EDN: SDZDCN
3. Калужина О. Ю. Изучение способа активации спиртовых дрожжей // Пиво и напитки. 2017. № 1. С. 30–32. EDN: YKNDRH

4. Особенности селекционированных рас спиртовых дрожжей с осмофильными и термотолерантными свойствами / Л. В. Римарева, М. Б. Оверченко, Н. И. Игнатова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2016. № 10, С. 29–34. EDN: XCTARX
5. Меледина Т. В., Давыденко С. Г., Васильева Л. М. Физиологическое состояние дрожжей: учеб. пособие. Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2013. 46 с. EDN: ZVDDZH
6. Ашапкин В. В., Кутуева Л. И., Захарова М. Г. Контроль качества продукции физико-химическими методами: учеб. пособие для студ. вузов. Москва: ДеЛи принт, 2005. 124 с.
7. Хоконова М. Б. Применение ферментных препаратов в производстве пивоваренного солода // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2016. № 1 (11). С. 50–54. EDN: ZCRGPJ
8. Хоконова М. Б., Цагоева О. К. Качественные показатели продуктов брожения в спиртовом производстве // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2019. № 1(23). С. 56–59. EDN: CJYQIL
9. Хоконова М. Б., Цагоева О. К. Качественные показатели зерновых заторов, осахаренных ферментами глубинной культуры солода // Актуальная биотехнология. 2019. № 3(30). С. 244–248. EDN: UHGQSJ
10. Биохимия / под. ред. Е. С. Северина. 5-е изд., испр. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 316 с.
11. Нечаев А. П., Шуб И. С., Аношина О. М. Технология пищевых производств / под. ред. А. П. Нечаева. Москва: КолосС, 2005. 768 с.
12. Качмазов Г. С. Дрожжи бродильных производств: практическое руководство. Санкт-Петербург: Лань, 2012. 224 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://e.lanbook.com>
13. Фараджеева Е. Д., Федоров В. А. Общая технология бродильных производств: учеб. пособие. Москва: Колос, 2002. 408 с.

References

1. Stepanov V.I., Rimareva L.L.V., Ivanov V.V., Sharikov A.Yu. Method of starch-containing raw material processing in technology of reception of the concentrated grain mash. *Manufacture of alcohol and liqueur & vodka products*. 2007;(1):16-17. (In Russ.). EDN: IAMNFB
2. Polyakov V.A. Razrabotka innovacionnyh resursosberegayushchih tekhnologij dlya spirtovoj promyshlennosti. *Technologies of the food and processing industry of AIC – healthy food* 2013;(1):19–25. (In Russ.). EDN: SDZDCN
3. Kaluzhina O.Yu. Researching of activating of alcohol yeast. *Beer and beverages*. 2017;(1):30–32. (In Russ.). EDN: YKNDRH
4. Rimareva L.V. Overchenko M.B., Ignatova N.I. [et al.]. Features of selected races of alcohol yeast with osmophilic and thermotolerant properties. *Storage and processing of farm products*. 2016;(10):29–34. (In Russ.). EDN: XCTARX
5. Meledina T.V., Davydenko S.G., Vasil'eva L.M. *Fiziologicheskoe sostoyanie drozhzhej: ucheb. Posobie* [Physiological state of yeast: textbook]. Saint Peterburg: Universitet ITMO, 2013. 48 p. (In Russ.)
6. Ashapkin V.V., Kutueva L.I., Zaharova M.G. *Kontrol' kachestva produktsii fiziko-khimicheskimi metodami: ucheb. posobiye dlya stud. vuzov* [Product quality control using physical and chemical methods: textbook. aid for students universities]. Moscow: DeLi print, 2005. 124 p. (In Russ.)
7. Khokonova M.B. Application of enzyme preparations in the production brewing malt. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2016;1(11):50–54. (In Russ.). EDN: ZCRGPJ
8. Khokonova M.B., Tsagoeva O.K. Qualitative indicators of food products in alcohol manufacture. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2019. № 1 (23):56–59. EDN: CJYQIL
9. Khokonova M.B., Tsagoeva O.K. Qualitative indicators of grain mashes saccharified with enzymes of deep malt culture. *Aktual'naya biotekhnologiya*. 2019;3(30):244–248. (In Russ.). doi: 10.20914/2304-4691-2019-3-244-248. EDN: UHGQSJ
10. *Biokhimiya* [Biochemistry]. Edited by E.S. Severin. Moscow: GEOTAR-Media, 2008. 316 p. (In Russ.)
11. Nechaev A.P., Shub I.S., Anoshina O.M. *Tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. Pod. red. A.P. Nechaeva* [Technology of food production. Edited by A.P. Nechaev]. Moscow: KolosS, 2005. 768 p. (In Russ.)

12. Kachmazov G.S. *Drozhzhi brodil'nykh proizvodstv: prakticheskoye rukovodstvo* [Fermentation yeast: a practical guide]. Saint Petersburg: Lan', 2012. 224 p. [Electronic resource]. Access mode: <http://e.lanbook.com> (In Russ.)

13. Faradzheva E.D., Fedorov V.A. *Obshchaya tekhnologiya brodil'nykh proizvodstv: ucheb. posobie*. [General technology of fermentation production: textbook allowance]. Moscow: Kolos, 2002. 408 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Хоконова Мадина Борисовна – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4098-3325, Scopus ID: 57203266828

Созаева Джамиля Расуловна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов общественного питания и химия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код:2111-4506, Scopus ID: 57216563705, Researcher ID: AAE-4739-2019

Бегидов Инал Юрьевич – магистрант 1-го года обучения, направление подготовки «Агрономия», направленность «Технология производства и переработки растениеводческой продукции», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Information about the authors

Madina B. Khokonova – Doctor of Agricultural Sciences, associate professor, Professor of the department of technology production and processing of agricultural product, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4098-3325, Scopus ID: 57203266828

Dzhamilya R. Sozaeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Public Catering Products and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN code: 2111-4506, Scopus ID: 57216563705, Researcher ID: AAE-4739-2019

Inal Y. Begidov – 1st year master's student, field of study Agronomy, focus Technology of production and processing of plant products, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 30.04.2025;
одобрена после рецензирования 20.05.2025;
принята к публикации 27.05.2025.*

*The article was submitted 30.04.2025;
approved after reviewing 20.05.2025;
accepted for publication 27.05.2025.*

Научная статья

УДК 635.657

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-148-154

Влияние геометрии тары на аминокислотный состав белка нута при СВЧ-обработке

Валентина Николаевна Храмова¹, Дмитрий Игоревич Сурков^{✉2}

Волгоградский государственный технический университет, проспект имени Ленина, 28, Волгоград, Россия, 400005

¹hramova_vn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>

^{✉2}surkov.dmitr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2946-5915>

Аннотация. Нут – богатый источник питательных веществ, не получивший широкого применения ввиду наличия у него специфического бобового привкуса и антипитательных веществ. Эту проблему можно решить с помощью тепловой обработки, в том числе с использованием СВЧ. На эффективность такой обработки влияют не только параметры воздействия микроволнового излучения – частота магнетрона, выходная мощность, продолжительность, но и геометрия тары. Данная статья посвящена изучению влияния различных геометрических форм полипропиленовой тары на массовые доли влаги, белка и аминокислотный состав нута. Для исследования отобраны зерна нута сорта «Волжанин-50», выращенные в Волгоградской области в 2023 году, часть из которых обработана микроволновым излучением (400 Вт в течение 3 минут) в емкостях, имеющих форму прямоугольного параллелепипеда с квадратным основанием и цилиндрическую форму. В контрольном (сырых) и опытных (обработанных СВЧ) образцах семян нута исследованы массовые доли влаги и белка, аминокислотный состав. Микроволновая обработка зерен нута привела к уменьшению массовой доли влаги (в среднем в 3 раза), белка и суммарного содержания аминокислот (в цилиндрической таре – на 28,7 и 24,6%; в ёмкости в форме прямоугольного параллелепипеда – на 21,6 и 18,6% соответственно), но позволила устранить нежелательный бобовый привкус. Результаты работы могут найти применение при проектировании новых термостойких полипропиленовых упаковочных материалов, предназначенных для эффективного доведения пищевой продукции до кулинарной готовности с сохранением наибольшего количества питательных веществ.

Ключевые слова: нут, микроволновое излучение, аминокислотный состав, СВЧ-обработка, геометрия тары

Для цитирования: Храмова В. Н., Сурков Д. И. Влияние геометрии тары на аминокислотный состав белка нута при СВЧ-обработке // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 148–154. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-148-154

Original article

Influence of container geometry on amino acid composition of chickpea protein during microwave treatment

Valentina N. Khramova¹, Dmitry I. Surkov^{✉2}

Volgograd State Technical University, 28 Lenin Avenue, Volgograd, Russia, 400005

¹hramova_vn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>

^{✉2}surkov.dmitr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2946-5915>

Abstract. Chickpeas are a rich source of nutrients that have not been widely used due to their specific bean flavor and anti-nutritional substances. This problem can be solved by heat treatment, including the use of microwave. The effectiveness of such treatment is influenced not only by the parameters of exposure to microwave radiation – the frequency of the magnetron, the output power, the duration, but also the geometry of the container. This article is devoted to the study of the influence of various geometric shapes of polypropylene containers on the mass fractions of moisture, protein and amino acid composition of chickpeas. For the study, we selected chickpeas of the Volzhanin-50 variety grown in the Volgograd region in 2023, some of which were treated with microwave radiation (400 W for 3 minutes) in containers shaped like a rectangular parallelepiped with a square base and a cylindrical shape. The mass fractions of moisture and protein, as well as the amino acid composition, were studied in the control (raw) and experimental (microwave-treated) chickpea seed samples. Microwave processing of chickpeas led to an approximately threefold reduction in moisture content, as well as a decrease in protein and total amino acid levels (by 28.7 and 24.6% in cylindrical containers, and by 21.6 and 18.6% in rectangular parallelepiped containers, respectively), while eliminating the undesirable beany flavor. The results of this study can be applied in the development of heat-resistant polypropylene packaging materials designed to enable efficient cooking of food products while preserving their nutritional value.

Keywords: chickpea, microwave radiation, microwave treatment, amino acid composition, geometry of container

For citation: Khramova V.N., Surkov D.I. Influence of container geometry on amino acid composition of chickpea protein during microwave treatment. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):148–154. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-148-154

Введение. Нут – альтернативный источник белка, массовая доля которого изменяется в широком интервале в зависимости от сорта, региона произрастания и погодных условий. Обычно семена нута содержат от 18 до 32% протеинов [1]. Применение нута в технологии пищевых продуктов позволяет создать функциональные пищевые продукты с высоким содержанием белка, что важно в решении проблемы белковой недостаточности в рационе человека.

Однако применение семян нута в качестве функционального ингредиента ограничено из-за наличия у них бобового привкуса, который ухудшает органолептический профиль продуктов питания, в состав которых входит нуттовое сырьё. Существует несколько способов, позволяющих уменьшить нежелательные последствия, вызванные применением семян нута в пищевых технологиях (замачивание и тепловая обработка).

Микроволновая обработка как подвид тепловой обработки является альтернативным способом устранения бобового привкуса зерен нута. С помощью микроволн возможно не только снизить микробную обсемененность [2], но и устранить ещё один серьёзный недостаток у бобового сырья – наличие антипи-

тательных веществ (ингибиторы протеаз, сапонины, фитиновая кислота и полифенольные соединения). В ряде исследований [3–6] установлено, что применение СВЧ-обработки может привести к уменьшению содержания этих антинутриентов и повысить усвояемость белков нута. Кроме того, изучение влияния СВЧ на химический состав зерен нута имеет большое значение.

Качество микроволновой обработки зависит не только от выходной мощности, частоты магнетрона и длительности воздействия, но и от физических свойств сырья и тары, так как микроволны проникают внутрь продуктов с разным химическим составом и внутрь ёмкостей с разной геометрией с неодинаковой интенсивностью [7].

Таким образом, изучение влияния СВЧ-обработки и геометрии тары на белки нута и их аминокислотный состав является актуальным, так как это позволяет более эффективно проводить технологические операции и сохранить больше питательных веществ для дальнейшего их использования в обогащенных продуктах питания.

Цель исследования – изучить влияние СВЧ-обработки и геометрии тары на белки и аминокислотный состав зерен нута.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектами исследований являлись семена нута сорта «Волжанин-50», выращенные в 2023 г. в Волгоградской области. Отбор проб и подготовка образцов проведена в лаборатории кафедры «Технологии пищевых производств» (ВолгГТУ), а анализы проведены в комплексной аналитической лаборатории ФГБНУ «Поволжский НИИММП» (Волгоград). Массовую долю влаги определили методом высушивания до постоянной массы по ГОСТ 13586.5-2015. Массовая доля белка определена по методике из ГОСТ 10846-91. Аминокислотный состав белка семян нута получен с помощью системы капиллярного электрофореза Капель-105М по методике измерения массовой доли аминокислот (М-04-94-2021). Расчет показателей качественных характеристик белка проведен по методике, предложенной академиком Н. Н. Липатовым.

Подготовку опытных образцов семян нута проводили следующим образом: нут (масса 50 г) равномерно насыпали в контейнер с пергаментом, повторяющим геометрию дна ёмкости. Тару с образцами подвергали СВЧ-обработке (частота 2450 МГц, выходная мощность 400 Вт, длительность 3 мин), затем контейнер вынимали из печи и остужали до комнатной температуры (25°C). При таком

режиме микроволновой обработки в нуте зерне исчезает нежелательный бобовый привкус. Контрольные образцы семян нута исследовали без предварительной СВЧ-обработки.

В качестве контейнеров использовали полипропиленовую тару объемом 1 л и толщиной стенки 1 мм. Опытным образцам присвоили названия в соответствии с геометрией тары, в которой проводили микроволновую обработку. Для опытного образца «параллелепипед» использован пластиковый контейнер с размерами 130×130×60 мм, а для «цилиндра» 140×140×100 мм.

Такие размеры выбраны не случайно, так как требовалась тара с примерно одинаковой площадью дна для заполнения семенами в один слой с толщиной, равной одному зерну, которое имело калибр 7,5 мм. Кроме того, контейнеры соответствовали требованиям ГОСТ Р 50962-96 и имели гладкую поверхность без расширений, скошенных углов и других изменений в геометрии, которые могли оказать дополнительное влияние на растительное сырьё при СВЧ-обработке.

Результаты исследования. В таблице 1 приведены данные определения массовых долей белка и влаги семян нута. Результаты даны для образцов, полученных до и после СВЧ-обработки.

Таблица 1. Массовые доли белка и влаги семян нута, %
Table 1. Mass fraction of protein and moisture content of chickpea seeds, %

Наименование показателя	Контрольный образец	Опытные образцы	
		«параллелепипед»	«цилиндр»
Массовая доля белка, %	20,44±0,96	16,03±0,76	14,57±0,70
Массовая доля влаги, %	7,24±0,14	2,56±0,20	2,23±0,09

Установлено, что массовая доля влаги в зернах нута после СВЧ-обработки изменилась с 7,24 до 2,23–2,56% (в среднем снизилась в 3 раза), а массовая доля белка уменьшилась на 28,7% у обработанного бобового сырья в цилиндрической таре и на 21,6% – в параллелепипедной по сравнению с контрольным образцом. Причина более сильного снижения массовой доли белка нута, обработанного в цилиндрическом контейнере, заключается в том, что в такой таре происходит более равномерное распределение электромагнитного поля и тепла [8, 9]. Поэтому, с одной сторо-

ны, это может привести к более серьезным изменениям в химическом составе зерен нута, а с другой стороны – позволяет подобрать такие режимы микроволновой обработки, которые будут эффективнее с точки зрения не только сокращения потерь питательных веществ, но и минимизации времени воздействия микроволн и затрат электроэнергии на СВЧ-обработку сырья.

В связи уменьшением массовой доли белка в опытных образцах произошли похожие изменения в аминокислотном составе белков семян нута (табл. 2).

Таблица 2. Аминокислотный состав белков семян нута, мг/100 г сырья
Table 2. Amino acid composition of chickpea seeds protein, mg/100 g raw material

Наименование аминокислоты	Контрольный образец	Опытные образцы	
		«параллелепипед»	«цилиндр»
Незаменимые аминокислоты			
Валин	1032	964	966
Лейцин и изолейцин	3579	3399	3078
Лизин	2261	1717	1431
Метионин	162	134	133
Треонин	1132	920	1010
Триптофан	871	630	647
Фенилаланин	1985	1866	1231
Итого:	11022	9630	8496
Частично заменимые аминокислоты			
Аргинин	2145	2066	1528
Гистидин	22	14	26
Итого:	2167	2080	1554
Заменимые аминокислоты			
Аланин	1313	843	1082
Глицин	1404	1228	1172
Пролин	1417	1102	1078
Серин	1825	983	1194
Тирозин	816	408	505
Цистеин	38	6	5
Итого:	6813	4570	5036
Всего:	20002	16280	15086

Установлено изменение количества аминокислот в опытных образцах по сравнению с контрольным. Снижение суммарного содержания аминокислот у опытных образцов нута, обработанных в контейнерах в форме цилиндра и параллелепипеда, составило 24,6 и 18,6% соответственно.

На основе данных об аминокислотном составе рассчитан аминокислотный скор белков семян нута. Результаты расчета приведены в таблице 3.

При рассмотрении влияния геометрии тары на семена нута при СВЧ-обработке установлено, что аминокислотный скор белков опытных образцов нута претерпевает изменения. Обнаружено, что происходит увеличение этого показателя у валина (на 19,1 и 31,3%),

лейцина с изолейцином (на 21,1 и 20,7%) и уменьшение у лизина (на 3,2 и 11,2%), метионина с цистеином (на 8,8 и 3,2%) у образцов, обработанных в контейнерах в форме цилиндра и параллелепипеда соответственно.

Отдельно стоит отметить, что у опытного образца «параллелепипед» зафиксировано уменьшение аминокислотного сора триптофана на 7,8%, а в образце «цилиндр» – фенилаланина с тирозином на 13,1%. Такие изменения показателей аминокислотного сора белка семян нута опытных образцов связаны напрямую с заметным уменьшением массовой доли белка и относительно небольшим снижением содержания аминокислот, которые участвуют в расчетах аминокислотного сора.

Таблица 3. Аминокислотный скор белка семян нута, %
Table 3. Amino acid score of chickpea seeds, %

Наименование аминокислоты	Контрольный образец	Опытные образцы	
		«параллелепипед»	«цилиндр»
Валин	100,98	120,27	132,60
Лейцин и изолейцин	159,18	192,76	192,05
Лизин	201,12	194,75	178,57
Метионин и цистеин	27,96	25,49	27,06
Треонин	138,45	143,48	173,30
Триптофан	426,13	393,01	444,06
Фенилаланин и тирозин	228,39	236,43	198,58

Таким образом, полученные сведения о совместном влиянии геометрии тары и микроволнового излучения на зерна нута могут найти применение при проектировании новых термостойких полипропиленовых упаковочных материалов, предназначенных для эффективного доведения пищевой продукции до кулинарной готовности.

Выводы. При СВЧ-обработке семян нута в цилиндрическом контейнере происходит уменьшение массовых долей влаги, белка и суммарного содержания аминокислот интенсивнее, чем при использовании контейнера в форме прямоугольного параллелепипеда с квадратным основанием.

Кроме того, полученные сведения о химическом составе зерен нута, обработанных в таре с разной геометрией, могут найти применение при проектировании новых термостойких полипропиленовых упаковочных материалов, предназначенных для доведения пищевой продукции на основе нутового сырья до кулинарной готовности, а также для установления более эффективных режимов, способствующих устранению бобового привкуса, сокращению потерь аминокислот, белков, уменьшению продолжительности микроволнового воздействия и затрат электроэнергии при СВЧ-обработке зерен нута.

Список литературы

1. Нут – культура перспективная для биологизированных технологий возделывания в Центральном федеральном округе Российской Федерации / В. И. Старцев, Е. Н. Закабунина, А. П. Глинушкин, Л. В. Старцева // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2020. № 33(38). С. 30–38. EDN: RMDQBR
2. Влияние микроволновой обработки на структуру и микробную обсеменённость нута / В. Н. Храмова, Д. И. Сурков, И. В. Владимцева, А. И. Богданов // Пищевая промышленность. 2023. № 11. С. 76–79. DOI: 10.52653/PPI.2023.11.11.016. EDN: NVRGBW
3. Новый метод снижения содержания антипитательных веществ в бобовых культурах / И. Ф. Горлов, И. А. Семенова, А. А. Мосолов [и др.] // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 3. С. 71–73. DOI: 10.31208/2618-7353-2019-8-74-81. EDN: XUJTHF
4. Jogihalli P, Singh L., Sharanagat V. S. Effect of microwave roasting parameters on functional and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum*) // LWT – Food Science and Technology. 2017. Vol. 79. Pp. 223–233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.047>.
5. Kumar Y., Sharanagat V. S., Singh L., Mani S. Effect of germination and roasting on the proximate composition, total phenolics, and functional properties of black chickpea (*Cicer arietinum*) // Legume Science. 2019. Vol. 2. Art. 20. DOI: <https://doi.org/10.1002/leg3.20>.
6. Fan X., Ly X., Meng L., Ai M., Li C., Teng F., Feng Z. Effect of microwave sterilization on maturation time and quality of low-salt sufu // Food Science & Nutrition. 2019. Vol. 8. Art. 1346. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1346>.

7. Maher A., Russly A. R., Shuhami M., Dzulkifly H. Evaluation of electric and magnetic fields distribution and SAR induced in 3D models of water containers by radiofrequency radiation using FDTD and FEM simulation techniques // *Simulation Techniques*. 2024. Art. 2147. DOI: 10.48550/arXiv.1410.2147.
8. Zhang S., Su T., Zhang S. Shape Effect on the Temperature Field during Microwave Heating Process // *Journal of Food Quality*. 2018. Vol. 1. P. 9169875. DOI: 10.1155/2018/9169875.
9. Jung S., Lee M. G., Yoon W. B. Effects of Container Design on the Temperature and Moisture Content Distribution in Pork Patties during Microwave Heating: Experiment and Numerical Simulation // *Processes*. 2022. Vol. 10. No. 11. P. 2382. DOI: 10.3390/pr10112382

References

1. Startsev V. I., Zakabunina E. N., Glinushkin A. P., Startseva L. V. Chickpeas is a promising crop for biologized cultivation technologies in the central federal district of the Russian Federation. *Herald of Russian state agrarian correspondence university*. 2020;33(38):30–38. (In Russ). EDN: RMDQBR
2. Khramova V. N., Surkov D. I., Vladimtseva I. V., Bogdanov A. I. Effect of microwave treatment on the structure and microbial contamination of chickpeas. *Food processing industry* 2023;(11):76–79. (In Russ). DOI: 10.52653/PPI.2023.11.11.016. EDN: NVRGBW
3. Gorlov I. F., Semenova I. A., Mosolov A. A. [et al.]. The new method of decreasing antinutrient in bean cultures. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2018;(3):71–73. (In Russ). DOI: 10.31208/2618-7353-2019-8-74-81. EDN: XUJTHF
4. Jogihalli P, Singh L., Sharanagat V. S. Effect of microwave roasting parameters on functional and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum*). *LWT – Food Science and Technology*. 2017;79:223–233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.047>
5. Kumar Y., Sharanagat V.S., Singh L., Mani S. Effect of germination and roasting on the proximate composition, total phenolics, and functional properties of black chickpea (*Cicer arietinum*). *Legume Science*. 2019;2:20. DOI: <https://doi.org/10.1002/leg3.20>
6. Fan X., Ly X., Meng L., Ai M., Li C., Teng F., Feng Z. Effect of microwave sterilization on maturation time and quality of low-salt sufu. *Food Science & Nutrition*. 2019;8:1346. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1346>
7. Maher A., Russly A. R., Shuhami M., Dzulkifly H. Evaluation of electric and magnetic fields distribution and SAR induced in 3D models of water containers by radiofrequency radiation using FDTD and FEM simulation techniques. *Simulation Techniques*. 2024;2147. DOI: <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.1410.2147>
8. Zhang S., Su T., Zhang S. Shape Effect on the Temperature Field during Microwave Heating Process. *Journal of Food Quality*. 2018;1:9169875. DOI: 10.1155/2018/9169875.
9. Jung S., Lee M. G., Yoon W. B. Effects of Container Design on the Temperature and Moisture Content Distribution in Pork Patties during Microwave Heating: Experiment and Numerical Simulation. *Processes*. 2022. Vol. 10. No. 11. P. 2382. DOI: 10.3390/pr10112382

Сведения об авторах

Храмова Валентина Николаевна – доктор биологических наук, профессор, декан факультета технологии пищевых производств, профессор кафедры технологии пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», SPIN-код: 5483-6255, Scopus ID: 57190736311, Researcher ID N-8038-2015

Сурков Дмитрий Игоревич – кандидат технических наук, ассистент кафедры процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», SPIN-код: 3510-4090, Scopus ID: 57222570986, Researcher ID: MSZ-8252-2025

Information about the authors

Valentina N. Khramova – Doctor of Biological Sciences, Dean of the Faculty of Food Technology, Professor of the Department of Food Technology, Volgograd State Technical University, SPIN-code: 5483-6255, Scopus ID: 57190736311, Researcher ID: N-8038-2015

Dmitry I. Surkov – Candidate of Technical Sciences, Assistant of the Department of Processes and Apparatus of Chemical and Food Technologies, Volgograd State Technical University, SPIN-code: 3510-4090, Scopus ID: 57222570986, Researcher ID: MSZ-8252-2025

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 02.04.2025;
одобрена после рецензирования 23.04.2025;
принята к публикации 30.04.2025.*

*The article was submitted 02.04.2025;
approved after reviewing 23.04.2025;
accepted for publication 30.04.2025.*

ЭКОНОМИКА

ECONOMY

Региональная и отраслевая экономика

Regional and Sectoral Economy

Научная статья

УДК 338.436.33

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-155-167

**Оценка инвестиционного лага в динамике производства
сельскохозяйственной продукции****Эльдар Сафарович Баккуев^{✉1}, Лариса Хабасовна Кунижева²,
Елена Мажмудиновна Сарбашева³**Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030^{✉1}bakkuev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2175-6619>²abazova.lara@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5417-2543>³sarbasheva.e@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-9267-3998>

Аннотация. Современное сельское хозяйство отличается высокой капиталоемкостью, что обусловлено множеством факторов. Одним из наиболее значимых аспектов данной проблемы является замещение факторов производства. Исследование этого вопроса предполагает рассмотрение нескольких ключевых направлений. Во-первых, важное значение имеет ухудшение базовых факторов, негативно влияющих на развитие сельского хозяйства. Сюда входит как снижение плодородия почв, так и сокращение вводимых в эксплуатацию новых земель. Усложняют ситуацию также неблагоприятные климатические условия, старение населения в сельской местности и сокращение притока новой рабочей силы. Во-вторых, наблюдается усиление конкурентной борьбы на сельскохозяйственном рынке. В совокупности перечисленные факторы требуют возрастания объема капиталовложений в различные сектора сельского хозяйства. Однако лишь увеличения доли инвестиций недостаточно для обеспечения необходимого уровня конкурентоспособности. Ключевыми элементами для достижения положительных результатов являются качество капиталовложений, их регулярность и синхронность, что значительно зависит от структурной организации национального сельского хозяйства как по отраслям, так и по регионам. Кроме того, стоит подчеркнуть, что технико-технологическая сложность современного сельскохозяйственного производства и затянутость цепочки создания стоимости продукции также способствуют возникновению инвестиционного лага. В данной статье предлагается уточнение отдельных теоретико-методологических положений, связанных с инвестиционным лагом в сельском хозяйстве, а также анализ эмпирических тенденций с последующей интерпретацией полученных данных.

Ключевые слова: сельское хозяйство, инвестиции, лаг, инвестиционная емкость, отдача от инвестиций, валовая продукция, прирост, импульс, инфраструктура

Для цитирования: Баккуев Э. С., Кунижева Л. Х., Сарбашева Е. М. Оценка инвестиционного лага в динамике производства сельскохозяйственной продукции // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 155–167.
doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-155-167

Original article

Estimation of investment lag in the dynamics of agricultural production

Eldar S. Bakkuev^{✉1}, Larisa Kh. Kunizheva², Elena M. Sarbasheva³

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}bakkuev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2175-6619>

²abazova.lara@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5417-2543>

³sarbasheva.e@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-9267-3998>

Abstract. Modern agriculture is highly capital intensive, which is due to many factors. One of the most significant aspects of this problem is the substitutability of production factors. The study of this issue involves considering several key areas. Firstly, the deterioration of the basic factors contributing to the development of agriculture is of great importance. This includes both a decrease in soil fertility and a reduction in the amount of new land put into operation. The situation is also complicated by unfavorable climatic conditions, an aging population in rural areas and a reduction in the influx of new labor. Secondly, there is an increase in competition in the agricultural market. Taken together, these factors require an increase in the volume of capital investment in various sectors of agriculture. However, an increase in the share of investment alone is not enough to ensure the necessary level of competitiveness. The key elements for achieving positive results are not only the quantity, but also the quality of capital investments, their regularity and synchronicity, which significantly depends on the structural organization of national agriculture both by industry and by region. In addition, it is worth emphasizing that the technical and technological complexity of modern agricultural production and the protracted value chain of production also contribute to the emergence of investment lag. This article proposes to clarify individual theoretical and methodological provisions related to investment lag in agriculture, as well as an analysis of empirical trends with subsequent interpretation of the data obtained.

Keywords: agriculture, investment, lag, investment intensity, investment return, gross output, growth, momentum, infrastructure

For citation: Bakkuev E.S. Kunizheva L.Kh. Sarbasheva E.M. Estimation of investment lag in the dynamics of agricultural production. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):155–167. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-155-167

Введение. Современное производство невозможно без инвестиций, которые занимают ключевую роль в обеспечении экономического роста и развития. Реализация инвестиций осуществляется через специфические механизмы, охватывающие многогранные факторы и процессы.

Инвестиционные вложения в первую очередь нацелены на обновление и модернизацию производственных мощностей, что напрямую сказывается на эффективности работы предприятий. Они могут принимать различные формы, такие, как приобретение новейшего оборудования, внедрение современных технологий или расширение производственных линий.

Кроме того, инвестиции не только способствуют росту отдельных компаний, но и оказывают влияние на развитие целых секторов экономики. Они создают новые рабочие места, способствуют повышению квалификации кадров и стимулируют инновационное развитие. Тем не менее успешная реализация инвестиционных проектов требует наличия четкой стратегии, эффективного управления ресурсами и тщательной оценки рисков.

Для достижения максимальной эффективности инвестиций необходимо учитывать как внутренние, так и внешние факторы их реализации. Это позволяет создать прочную основу для устойчивого экономического роста и повышения конкурентоспособности произ-

водственных процессов в условиях изменений рыночной среды [1].

В сельском хозяйстве инвестиционный лаг возникает под влиянием ряда ключевых факторов. Прежде всего, различия в технико-технологических уровнях разных подотраслей и видов сельскохозяйственной деятельности сказываются на способности отдельных секторов эффективно и в полном объеме использовать полученные инвестиции. Кроме того, территориальные различия способствуют возникновению инвестиционной диспропорции, что затрудняет равномерное распределение ресурсов. Также важным фактором являются институциональные различия, которые могут приводить к задержкам в освоении таких видов инвестиций, как иностранные, частные или государственные. Наконец, организационные различия между сельскохозяйственными предприятиями нередко становятся препятствием для своевременного получения и освоения необходимых объемов инвестиций [2–5].

Обозначенные выше аспекты требуют всестороннего теоретического, методологического и практического анализа для повышения эффективности инвестиционных процессов в аграрном секторе.

Цель исследования – выявить влияние инвестиционного лага на динамику производства сельскохозяйственной продукции в Кабардино-Балкарии в период 2010–2024 гг.

Цель определила постановку и решение следующих задач: провести сбор, группировку и верификацию информации; выявить основные динамические и структурные тенденции во взаимосвязях инвестиции и валовой продукции сельского хозяйства; провести формализацию, квантификацию и моделирование инвестиционного лага в сельском хозяйстве КБР.

Методологическая и методическая основа исследования. Методологическая основа настоящего исследования базируется на положении о том, что инвестиции (или капитальные вложения) являются основой всякого развития. Их влияние на экономическую динамику вызвано тем, что они передают свою стоимость на конечный продукт (при этом неважно, сразу и полностью или же частично

и постепенно). Иными словами, инвестиции не только прямо передают содержащую в них стоимость в стоимость продукта, но еще и «заимствуют» часть стоимости у других объектов. Например, инвестиции в транспортные коммуникации – дороги, не только переносят свою стоимость в продукты, но еще и привлекают в процесс новые ресурсы, которые в прежних условиях были либо невозможны, либо ограничены, а то и имели отрицательный (экстернальный) эффект. Другой пример. Инвестиции в производство ульев оказывают прямое и непосредственное влияние на производство меда и других продуктов пчелиного бизнеса. Но побочно производство ульев стимулирует рост (и развитие) производства плодов, ягод и т. д. за счет активности опыления их пчелами. Таким образом, наблюдается появление экстернального эффекта.

Однако один и тот же объем инвестиций создает разный объем продукта. Причина такого расхождения связана с качеством, периодичностью и комплементарностью инвестиций. Качественно разные инвестиции одного и того же объема (стоимости) создают разную стоимость продукции в силу того, что по-разному влияют на производственный процесс. Но тот же эффект создает неравномерное непропорциональное поступление одного и того же объема инвестиций в производство. Поэтому избыточные инвестиции столь же неэффективны, как и недостаточные. И в том и в другом случае образуется эффект нереализовавшихся инвестиций.

Методическую основу составляют положения об инвестиционном лаге, изложенные в работах зарубежных и отечественных исследователей [6–10]. Однако, несмотря на большое число работ по инвестиционному лагу до сих пор наблюдается дефицит работ, в которых была бы изложена методика расчета инвестиционного лага. Последнее связано с рядом сложностей, среди которых:

1) наличие объективных причин неравномерного, непропорционального, неустойчивого поступления инвестиций в сельское хозяйство;

2) отсутствие общепринятого индикатора оценки инвестиционного лага (существующие методики содержат большое число инди-

каторов, которые, однако, не удовлетворяют основной задаче – выявлению лага).

В связи с этим в работе предложено, во-первых, проводить многократную дифференциацию периода (например, если речь идет о десяти-двадцатилетнем периоде, предлагается дифференцировать на пятилетки, а также на трехлетки с накладкой/смещением периодов).

Таким образом, делается попытка выровнять инвестиционные периоды, унифицировать их и «обезличить» с точки зрения неравномерности и неоднородности поступления инвестиций, т.е. сделать все периоды одинаковыми с точки зрения инвестиционной заполненности.

Во-вторых, следует использовать не абсолютные приросты инвестиций и продукта, а коэффициенты корреляции и эластичности между продуктом и объемом инвестиций. Таким путем достигается оценка «влияния прироста инвестиций на прирост продукта». Сопоставление этих коэффициентов по периодам (пятилеткам и т. д.) показывает инвестиционный лаг, т.е. отставание/опережение эффекта от инвестиций [11].

Результаты исследования. В отдельных регионах значение сельского хозяйствакратно возрастает как в силу климатических, так и организационных, логистических, ресурсных особенностей. В так называемых аграрных регионах сельское хозяйство выступает базисной отраслью и системообразующей. К таким регионам с высокой долей участия сельского хозяйства в региональной экономике относится Кабардино-Балкарская Республика [12, 13]. Согласно статистическим данным доля сельского хозяйства в валовом региональном продукте (ВРП) в КБР за последние десять лет устойчиво составляет порядка 20%, а численность занятых в отрасли варьируется в районе 71,0 тыс. человек, или около 20% от общей численности рабочей силы. Объем основных фондов в сельском хозяйстве КБР составляет 46,1 млрд руб., или 7,6% от общей стоимости основных фондов. В республике производится свыше 1,5 миллиона тонн зерна, что составляет в расчете на душу населения свыше 1,6 тонн, что выше уровня так называемой продовольственной безопасности. Республика занимает ведущее место в

РФ по производству яблок и овощей, зерновых (кукурузы), зернобобовых и др. сельскохозяйственных культур, птицы, яиц. В формировании динамики сельского хозяйства важную роль играют инвестиции в основной капитал сельского хозяйства¹ [14].

Согласно данным таблицы 1, за период 2005–2022 гг. валовая продукция сельского хозяйства Кабардино-Балкарии выросла с 13,58 млрд руб. до 84,38 млрд руб., или более чем в 6,2 раза, причем ежегодные темпы роста составляли 111,3%. За этот же период стоимость основных фондов сельского хозяйства выросла более чем в 4,8 раза, а ежегодные темпы роста их составили 1097%, что ниже, чем рост ВПСХ. Но при этом следует указать на то, что доля ОПФ сельского хозяйства в общем объеме ОПФ КБР снизилась с 11,2% в 2005 г. до 7,6%, хотя по стоимости рост составил почти 36,5 млрд. руб. За этот же период инвестиции в основной капитал (ОК) сельского хозяйства выросли в 24,2 раза, а ежегодно они росли с темпами в 120,6%, что заметно выше, чем рост валовой продукции сельского хозяйства (ВПСХ) и основные производственные фонды (ОПФ) сельского хозяйства. Но при этом рост инвестиций имел также и самую высокую вариацию (67,5%), тогда как ВПСХ 43,5%, а ОПФ только 39,4%.

¹ Согласно методологическим пояснениям к статистическому сборнику Росстата «Регионы России. Социально-экономические показатели», «инвестиции в основной капитал – совокупность затрат, направленных на строительство, реконструкцию (включая расширение и модернизацию) объектов, которые приводят к увеличению их первоначальной стоимости, приобретение машин, оборудования, транспортных средств, производственного и хозяйственного инвентаря, бухгалтерский учет которых осуществляется в порядке, установленном для учета вложений во внеоборотные активы, инвестиции в объекты интеллектуальной собственности (начиная с 2013 г.); культивируемые биологические ресурсы. В состав инвестиций в основной капитал включены затраты, осуществленные за счет денежных средств граждан и юридических лиц, привлеченных организациями-застройщиками для долевого строительства. Затраты на приобретение объектов незавершенного строительства и основных средств на вторичном рынке в объем инвестиций в основной капитал не включаются. Инвестиции в основной капитал учитываются без налога на добавленную стоимость. Индексы физического объема инвестиций в основной капитал рассчитаны в сопоставимых ценах. В качестве сопоставимых цен приняты среднегодовые цены предыдущего года».

Что же касается доли инвестиций в ОК сельского хозяйства по отношению к инвестициям в ОК экономики в целом, то здесь наблюдается рост с 1,9 до 4,7%. Правда, в отличие от доли ОПФ сельского хозяйства, динамика данного индикатора за семнадцатилетний период отличается неустойчивостью. Так, в 2014 г. доля инвестиций в ОК сельского хозяйства в КБР составляла 24,8%, а на следующий год только 7,6%. Но в 2016 г. она выросла до 16,4%, а в 2020 г. упала до 3,5%. Эта неравномерность и неустойчивость ведет к высокой вариации, которая составила 76,2%, тогда как вариация доли ОПФ сельского хозяйства в общей стоимости ОПФ экономики КБР составляла лишь 25,7%. Описанная неустойчивость наблюдается также и по индикатору степени износа ОФ, которая варьируется между 38,7% (2010 г.) и 51,3% (2012 г.), а также коэффициенту обновления ОПФ, коэффициенту выбытия ОПФ (табл. 1).

Отмеченная выше неравномерность динамики и неустойчивость темпов роста ВПСХ, ОПФ и инвестиций в ОК наглядно представлена в таблице 2. За период 2010–2022 гг. среднегодовые темпы роста ВПСХ составили 111,0% при общем коэффициенте вариации 38,3%. Примечательно, что объем ВПСХ нигде не опускался ниже 100,0%. Но при этом в 2011, 2015, 2019, 2021 и 2022 гг. имело двузначное значение, а в 2022 г. превышал даже 1241%. За этот же период стоимость основных фондов в сельском хозяйстве КБР ежегодно росла на 110,2%, но в 2011, 2016 гг. она выросла почти в полтора раза, правда, в 2012, 2019 и 2022 гг. опускалась ниже 100,0%.

Эта неравномерность роста по годам обусловила высокий коэффициент вариации (33,6%). Правда, по коэффициенту вариации и ВПСХ, и ОПФ сельского хозяйства уступают инвестициям в ОК, составившему 59,7%. Дело в том, что в 2012 г. объем поступивших в сельское хозяйство инвестиций к предыдущему периоду составил всего 33,7%, но в 2014 г. он вырос почти в 5,3 раза, а в следующем упал до 43,2%. Все это в совокупности, характеризующее неравномерность поступления инвестиций и неустойчивость темпов их роста привело к высокой вариации данного индикатора.

Динамика инвестиций не коммутирует с динамикой валовой продукции и основными фондами. В частности, в 2011 г. темпы роста ВПСХ составляли 114,9%, тогда как рост ин-

вестиций 113,5%, а основных фондов 149,3%, т.е. темпы роста ВПСХ опережали темпы роста инвестиций и отставали от темпов роста основных фондов. Еще более примечательной выглядит ситуация в 2012 г., в котором ВПСХ вырос на 109,2%, а инвестиции упали до 33,7%, основные фонды на 99,4%. Сказать, что на рост ВПСХ оказали влияние объемы и темпы роста инвестиций и основных фондов прошлого периода, по-видимому, не корректно, т.к. данное утверждение опровергается 2013–2015 гг., когда инвестиции выросли, соответственно, более чем в 2,1 и 5,3 раза, а затем упали до 43,2%, а ВПСХ вырос только на 108,0, 105,0 и 113,6%.

Проведя анализ динамики ВПСХ, инвестиций и основных фондов за период 2010–2022 гг., мы приходим к выводу о слабой зависимости темпов роста ВПСХ от динамики ОПФ и инвестиций в ОК сельского хозяйства (табл. 2). Во-первых, среднегодовые темпы роста ВПСХ превосходят аналогичный индикатор по основным фондам (111,0 против 110,2%) и по инвестициям в ОК (105,6%). Во-вторых, темпы роста ВПСХ имели более низкую вариацию чем аналогичный индикатор по инвестициям, хотя и несколько выше, чем по основным фондам (соответственно 38,3 и 59,7 и 33,6%). Поэтому сопоставление цепных и среднегодовых темпов роста ВПСХ с аналогичными индикаторами ОПФ и инвестициями в ОК не дают объяснения проблемы опережающего темпа роста ВПСХ над аналогичным индикатором ОПФ и инвестиций в ОК.

Расчетные данные показывают, во-первых, неравномерность прироста ВПСХ, ОПФ и инвестиций в ОК по годам, во-вторых, непропорциональность прироста ВПСХ, ОПФ и инвестиций в ОК. Например, в 2011 г. прирост ВПСХ составил 3601 млн руб. по сравнению с 2010 г., а прирост инвестиций в ОК почти 87 млн руб., но в следующем году (2012 г.) прирост ВПСХ составил 2549 млн руб., а прирост инвестиций 484 млн руб. Таким образом, можно говорить о том, что прирост ВПСХ в 2012 г. происходил за счет инвестиций 2010–2011 гг. В следующем 2013 г. прирост инвестиций составил 281 млн руб., а прирост ВПСХ 2413 млн руб., т.е. несмотря на то, что наблюдался абсолютный прирост инвестиции, прирост ВПСХ оказался ниже, чем годом ранее, когда имел место отрицательный прирост инвестиций.

Таблица 1 – Динамика продукции сельского хозяйства, основных фондов и инвестиций в ОК сельского хозяйства в КБР за период 2005–2022 гг.*

Table 1 – Dynamics of agricultural production, fixed assets and investments in agricultural fixed assets in the KBR for the period 2005–2022

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2022 к 2005 гг., %	Среднегодовые темпы роста, %	Коэффициент вариаций, %
Продукция сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий в фактически действовавших ценах, млн руб.	13581	24136	27737	30286	32699	34330	38992	42424	45710	49385	54934	59242	67971	84382	621,3	111,3	43,5
Основные фонды сельского хозяйства, млн руб.	9525	14396	21493	21355	23293	25767	27220	38643	40981	43894	36992	37705	48501	46092	483,9	109,7	39,4
Общий объем основных фондов по полной учетной стоимости, %	11,2	9,1	11,6	10,6	10,7	11,5	11,3	15,2	15,1	14,4	7,0	7,0	8,5	7,6	67,9	97,7	25,7
Степень износа ОФ в сельском хозяйстве на конец года, %	40,2	38,7	49,1	51,3	48,6	45,2	40,4	40,6	46,0	47,4	47,3	50,2	42,2	48,1	119,7	101,1	9,2
Коэффициент обновления (ввод в действие основных фондов (без скота) в % от наличия основных фондов на конец года)	6,3	14,0	7,9	7,9	6,6	8,1	11,4	14,3	14,9	20,6	14,9	5,7	8,2	14,7	233,3	105,1	40,4
Коэффициент выбытия (ликвидация основных фондов (без скота) в % от наличия основных фондов на начало года)	1,1	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,3	0,0	0,0	47,2
Инвестиции в основной капитал сельского хозяйства, млн руб.	51,3	643,2	730,1	246,2	527,2	2791,2	1205,3	1332,6	2575,0	1926,9	1148,4	832,3	1376,4	1243,8	2424,6	120,6	67,5
Общий объем инвестиций, %	1,9	6,8	7,6	2,0	5,4	24,8	7,6	8,9	16,4	12,0	5,7	3,5	5,8	4,7	247,4	105,5	76,2

* Таблица составлена на основании данных «Регионы России. Социально-экономические показатели», а также «Кабардино-Балкария в цифрах» за соответствующие годы.

Таблица 2 – Соотношение темпов роста продукции сельского хозяйства, основных фондов и инвестиций в ОК сельского хозяйства в КБР за период 2010–2022 гг., в %*

Table 2 – Ratio of growth rates of agricultural output, fixed assets and investments in fixed assets of agriculture in the KBR for the period 2010–2022, in %

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Среднегодовые темпы роста, %	Коэффициент вариации, %
Продукция сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий в фактически действовавших ценах, млн руб.	100,0	114,9	109,2	108,0	105,0	113,6	108,8	107,7	108,0	111,2	107,8	114,7	124,1	111,0	38,3
Основные фонды сельского хозяйства	100,0	149,3	99,4	109,1	110,6	105,6	142,0	106,1	107,1	84,3	101,9	128,6	95,0	110,2	33,6
Инвестиции в основной капитал сельского хозяйства	100,0	113,5	33,7	214,1	529,4	43,2	110,6	193,2	74,8	59,6	72,5	165,4	90,4	105,6	59,7

* Таблица составлена на основании данных таблицы 1.

Причину непропорциональной динамики мы видим в том, что в 2013 г. шло в основном так называемое восполнение недополученных в предыдущий год инвестиций, поэтому прирост 2013 г. обеспечивал более низкие темпы прироста ВПСХ. Так называемую задержку в реализации инвестиций в ВПСХ можно наблюдать на примере 2014 и 2017 гг., когда имел место абсолютный прирост инвестиций (соответственно 2264 и 1242 млн руб.). Но первом случае инвестиции 2014 г. проявят себя в ВПСХ 2015 г. (+4662 млн руб.), а в 2017 г. в приросте ВПСХ 2018 г. (+3675 млн руб.). Это и есть проявление инвестиционного лага в сельском хозяйстве¹.

Показатель отдачи от инвестиций, который был рассчитан как отношение ВПСХ к стоимости инвестиций в ОК сельского хозяйства, демонстрировал еще большую вариацию (102,4%). Причина высокой вариации в неравномерности по годам и неустойчивости поступления инвестиций в ОК сельского хозяйства КБР. Сопоставление двух параметров сельского хозяйства – ВПСХ и инвестиций в ОК – показало, что в 2005 г. отдача от одного рубля инвестиций составляла почти 265 руб., но в 2015 г. эта отдача составляла уже только 12,3 руб. В среднем за весь период значение данного индикатора составляло около 63 руб. на рубль инвестиций. Это значение достаточно низкое по сравнению с некоторыми регионами РФ и в целом по РФ. Другой индикатор оценки инвестиций – их доля в основных фондах, также демонстрирует неравномерность и высокую вариацию (67,6%). При этом среднее значение его за период составило 3,72%, что в сравнении с соседними регионами России (Ставропольский и Краснодарский края и иные области) оказывается низким (табл. 3).

Согласно расчетам коэффициентов корреляции наибольшую корреляцию продукция сельского хозяйства демонстрировала с основными фондами сельского хозяйства (+0,870). Что же касается инвестиций в ОК сельского хозяйства, то с ними продукция сельского хозяйства коррелировала весьма слабо (+0,178) (табл. 4). То же самое наблюдается и с коэффициентом эластичности; эластичность валовой продукции сельского хозяйства с основными фондами составляет 0,999. Данное значение указывает на то, что

рост основных фондов на 1% стимулирует рост валовой продукции также на 1%. Что же касается эластичности ВПСХ от инвестиций, то она оказывается всего лишь 0,001, т.е. ничтожно низкой.

Выводы. Исследование позволяет сформулировать ряд выводов и предложений. Прежде всего, инвестиции являются важнейшим ресурсом развития сельского хозяйства, как и другой отрасли. Их влияние на развитие и рост связано в первую очередь с технической и технологической модернизацией производства. Поэтому недостаточный объем, неритмичность поступления и т.д. выступают причиной сдерживания обновления материально-технической базы производства. Но и так называемый избыток инвестиций не гарантирует технической модернизации. Для последней необходимо использование современных форм и механизмов поступления инвестиций. Существующая в Кабардино-Балкарии модель организации регионального сельского хозяйства, в которой функционируют крупные и средние сельскохозяйственные предприятия и организации, с которыми интегрированы малые предприятия, домашние хозяйства (крестьянские подворья), сельскохозяйственные кооперативы и система государственной поддержки и регулирования, показывает свою эффективность в производстве основных видов сельскохозяйственных товаров и услуг.

Что касается низкой корреляции и слабой синхронности инвестиций и валовой продукции сельского хозяйства, то причина лежит не в инвестициях и их участии в динамике сельского хозяйства, а в том, что расчеты проводились на основе учета лишь инвестиций со стороны государства. Доля последних, как и время поступления, а также продуктовая структура и прочие параметры уступают частным и негосударственным поступлениям. В результате создается впечатление о своеобразном «инвестиционном голоде» в сельском хозяйстве КБР. Конечно, объем инвестиций, который поступает из всех источников в сельское хозяйство КБР еще нельзя признать достаточным, чтобы заработала инвестиционная модель развития сельского хозяйства, т.к. для последней необходимо, чтобы уровень инвестиций составлял свыше 29%, но тот объем инвестиций, который поступает в сельское хозяйство позволяет, во-первых, поддерживать расширенное воспроизводство, во-вторых, вести обновление материально-технической и технологической базы регионального сельского хозяйства.

¹ В Кабардино-Балкарии разработано 70 инвестиционных проектов в сфере агропромышленного комплекса. Официальный сайт Минсельхоза КБР. URL: <http://pravitelstvo.kbr.ru/oigv/minselhoz/> (Дата обращения: 21.03.2025 г.)

Таблица 3 – Соотношение продукции сельского хозяйства, основных фондов и инвестиций в ОК сельского хозяйства в КБР за период 2005–2022 гг.*
Table 3 – Ratio of agricultural output, fixed assets and investments in fixed assets of agriculture in the KBR for the period 2005–2022

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2022 к 2005 гг., %	Среднее значение	Коэффициент вариации, %
Продукция сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий в фактических действовавших ценах, млн руб.	13581	24136	27737	30286	32699	34330	38992	42424	45710	49385	54934	59242	67971	84382	621,3	111,3	43,5
Основные фонды сельского хозяйства, млн руб.	9525	14396	21493	21355	23293	25767	27220	38643	40981	43894	36992	37705	48501	46092	483,9	109,7	39,4
Фондоотдача	1,43	1,68	1,29	1,42	1,40	1,33	1,43	1,10	1,12	1,13	1,49	1,57	1,40	1,83	128,4	1,40	14,9
Фондоемкость	0,70	0,60	0,77	0,71	0,71	0,75	0,70	0,91	0,90	0,89	0,67	0,64	0,71	0,55	77,9	0,73	15,0
Инвестиции в основной капитал сельского хозяйства, млн руб.	51,3	643,2	730,1	246,2	527,2	2791,2	1205,3	1332,6	2575	1926,9	1148,4	832,3	1376,4	1243,8	2424,6	120,6	67,5
Инвестицеотдача	264,74	37,52	37,99	123,01	62,02	12,30	32,35	31,84	17,75	25,63	47,84	71,18	49,38	67,84	25,6	62,96	102,4
Инвестицеёмкость	0,004	0,027	0,026	0,008	0,016	0,081	0,031	0,031	0,056	0,039	0,021	0,014	0,020	0,015	390,2	0,03	73,1
Доля инвестиций в основных фондах, %	0,54	4,47	3,40	1,15	2,26	10,83	4,43	3,45	6,28	4,39	3,10	2,21	2,84	2,70	501,0	3,72	67,6

* Таблица составлена на основании данных таблицы 1.

Таблица 4 – Корреляция между различными параметрами сельского хозяйства КБР за период 2010–2022 гг.
Table 4 – Correlation between various parameters of agriculture in the KBR for the period 2010–2022*

	Продукция сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий в фактически действовавших ценах	Основные фонды сельского хозяйства	Общий объем основных фондов по полной учетной стоимости	Степень износа ОФ в сельском хозяйстве на конец года	Инвестиции в основной капитал сельского хозяйства	Доля инвестиций в основных фондах
Продукция сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий в фактически действовавших ценах	1,000					
Основные фонды сельского хозяйства	0,870	1,000				
Общий объем основных фондов по полной учетной стоимости, %	-0,410	0,014	1,000			
Степень износа ОФ в сельском хозяйстве на конец года	0,142	0,054	-0,196	1,000		
Инвестиции в основной капитал сельского хозяйства	0,178	0,428	0,462	-0,193	1,000	
Доля инвестиций в основных фондах	-0,233	-0,098	0,360	-0,306	0,836	1,000

* Таблица рассчитана на основании таблицы 1.

Список литературы

1. Узун В. Я., Шагайда Н. И. Оценка влияния институциональных и структурных изменений на развитие аграрного сектора России // Вопросы экономики. 2019. № 4. С. 39–58. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-4-39-58. EDN: ZBZDVR
2. Чутчева Ю. В. Экономика сельского хозяйства: учебник. Москва: Изд-во Юрайт, 2020. 408 с.
3. Жадан М. В. Инновационное развитие сельского хозяйства: вызовы и перспективы // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 2. С. 1085–1098. DOI: 10.18334/eo.9.2.40592. EDN: QAFOGC
4. Кундиус В. А., Новиков И. Ю. Инвестиции в экономику агропромышленного комплекса: тенденции и перспективы // Grand Altai Research & Education. 2024. № 1(21). С. 3–17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/investitsii-v-ekonomiku-agropromyshlennogo-kompleksa-tendentsii-i-perspektivy> (дата обращения: 21.03.2025).
5. Глазьев С. Ю. О приведении макроэкономической политики в соответствие с целями развития страны, поставленными Президентом России // Научные труды Вольного экономического общества России. 2020. Т. 221. № 1. С. 69–78. EDN: AWMUOI
6. Мустафаева Р. Р. Современные тенденции инвестиций в сельское хозяйство // Экономика, предпринимательство и право. 2021. Т. 11. № 6. С. 1457–1468. DOI: 10.18334/epp.11.6.112254. EDN: NPXRZU
7. Осовин М. Н. Обоснование приоритетных направлений межрегионального сотрудничества в сфере цифровизации сельского хозяйства // Продовольственная политика и безопасность. 2012. Т. 8. № 2. С. 131–144. DOI: 10.18334/ppib.8.2.112065. EDN: VQAXJA
8. Мау В. А. Экономическая политика 2019–2020 гг.: глобальные вызовы и национальные ответы // Вопросы экономики. 2020. № 3. С. 5–27. DOI: 10.32609/0042-8736-2020-3-5-27. EDN: TEIZEX
9. Ликумович Д. А., Рутковская Е. А. Оценка инвестиционного лага: анализ, методы, результаты // Научные труды «Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН». 2010. № 8. С. 135–148. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenki-investitsionnogo-laga-analiz-metody-rezultaty> (дата обращения: 21.02.2025 г.)
10. Великая О. А. Состояние и основные направления инвестиционной политики в промышленности: основные тенденции и инновации // Экономика и предпринимательство. 2021. № 10(135). С. 962–966. DOI: 10.34925/EIP.2021.135.10.184. EDN: RQUVQP
11. Аганбегян А. Г. О драйверах социально-экономического роста // Научные труды Вольного экономического общества России. 2019. Т. 218. № 4. С. 180–209. EDN: PYFDCH
12. Маслакова В. В., Демичев В. В. Статистический анализ эффективности инвестирования в развитие сельского хозяйства России: монография. Москва: Изд-во «Научный консультант». 2021. 194 с. ISBN 978-5-907477-08-7
13. Мустафаева Р. Р., Нариманов Н. А. Роль инноваций в стимулировании экспортоориентированного производства // Вопросы инновационной экономики. 2020. № 1. С. 111–122. DOI: 10.18334/vines.10.1.100015. EDN: DEFHYH
14. Рахаев Х. М., Кушхова Б. А. Повышение эффективности использования основных фондов в сельском хозяйстве Северо-Кавказского Федерального округа // АПК: экономика, управление. 2019. № 4. С. 29–40. DOI: 10.33305/194-29. EDN: ZDDNQD

References

1. Uzun V.Ya., Shagaida N.I. Evaluation of the impact of institutional and structural changes on the development of the Russian agricultural sector. *Voprosy Ekonomiki*. 2019;(4):39–58. (In Russ.). DOI: 10.32609/0042-8736-2019-4-39-58. EDN: ZBZDVR
2. Chutcheva Yu.V. *Ekonomika sel'skogo hozyajstva: uchebnik* [Agricultural Economics: textbook]. Moscow: Izd-vo Yurajt, 2020. 408 p. (In Russ.)
3. Zhadan M.V. Innovative development of agriculture: challenges and prospects. *Journal of International Economic Affairs*. 2019;9(2):1085–1098. (In Russ.). DOI: 10.18334/eo.9.2.40592. EDN: QAFOGC
4. Kundius V.A., Novikov I.Yu. Investments in the economy of the agro-industrial complex: trends and prospects. *Grand Altai Research & Education*. 2024;1(21):3–17 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/investitsii-v-ekonomiku-agropromyshlennogo-kompleksa-tendentsii-i-perspektivy> (accessed: 21.03.2025). (In Russ.)

5. Glazyev S.Yu. On bringing macroeconomic policy in line with the country's development goals set by the President of Russia. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*. 2020;221(1):69–78. (In Russ.). EDN: AWMUOI
6. Mustafayeva R.R. Modern trends in investments in agriculture. *Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo* [Economy, entrepreneurship and law]. 2021;11(6):1457–1468. (In Russ.). DOI: 10.18334/epp.11.6.112254. EDN: NPXRZU
7. Osovin M.N. Justification of interregional cooperation priority directions in agriculture digitalization. *Food policy and Security*. 2012;8(2):131–144. (In Russ.). DOI: 10.18334/ppib.8.2.112065. EDN: VQAXJA
8. Mau V.A. Economics and politics in 2019-2020: global challenges and national answers. *Voprosy ekonomiki*. 2020;(3):5–27. (In Russ.). DOI: 10.32609/0042-8736-2020-3-5-27. EDN: TEIZEX
9. Liokumovich D.A., Rutkovskaya E.A. Assessing the investment lag: analysis, methods, results. *Scientific works of the Institute for Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences*. 2010;(8):135–148. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenki-investitsionnogo-laga-analiz-metody-rezultaty> (date of access: 21.02.2025). (In Russ.)
10. Velikaya O.A. State and main directions of investment policy in industry: main trends and innovations. *Journal of Economy and entrepreneurship*. 2021;10(135):962–966. (In Russ.). DOI: 10.34925/EIP.2021.135.10.184. EDN: RQUVQP
11. Aganbegyan A.G. On the drivers of socio-economic growth. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*. 2019;218(4):180–209. (In Russ.). EDN: PYFDCH
12. Maslakova V.V., Demichev V.V. *Statisticheskij analiz effektivnosti investirovaniya v razvitie sel'skogo hozjajstva Rossii: monografiya* [Statistical analysis of the effectiveness of investment in the development of agriculture in Russia: monograph]. Moscow: Izd-vo "Nauchnyj konsul'tant". 2021. 194 p. ISBN 978-5-907477-08-7. (In Russ.)
13. Mustafayeva R.R., Narimanov N.A. The role of innovations in stimulating export-oriented production. *Russian Journal of Innovation Economics*. 2020;(1):111–122. (In Russ.). DOI: 10.18334/vinec.10.1.100015. EDN: DEFHYH
14. Rakhaev H.M., Kushkhova B.A. Increase in efficiency of fixed assets using in agriculture of the North Caucasian Federal District. *AIC: economy, management*. 2019;(4):29–40. (In Russ.). DOI: 10.33305/194-29. EDN: ZDDNQD

Сведения об авторах

Баккуев Эльдар Сафарович – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3401-6753

Кунижева Лариса Хабасовна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3487-6505

Сарбашева Елена Мажмудиновна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1735-9172

Information about the authors

Eldar S. Bakkuev – Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3401-6753

Larisa Kh. Kunizheva – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov, SPIN-code: 3487-6505

Elena M. Sarbasheva – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov, SPIN-code: 1735-9172

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 12.05.2025;
одобрена после рецензирования 03.06.2025;
принята к публикации 10.06.2025.*

*The article was submitted 12.05.2025;
approved after reviewing 03.06.2025;
accepted for publication 10.06.2025.*

**ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ И УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ
В НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОМ ЖУРНАЛЕ
«ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА им. В. М. КОКОВА»**

1. К публикации принимаются статьи по проблемам развития сельского хозяйства, представляющие научно-практический интерес для специалистов АПК.
2. В редакцию одновременно предоставляются материалы статьи с сопроводительным письмом.
3. Статьи проходят проверку на заимствования по программе «Антиплагиат» и обязательное рецензирование.
4. Рукопись статьи предоставляется в печатной (1 экземпляр) и электронной (в редакторе Microsoft Word) версиях (для сторонних авторов – в электронной). Объем статьи – 10-12 страниц формата А4, для статей обзорного и проблемного характера – не более 25 страниц, гарнитура Times New Roman, кегль 14, поля 2 см, абзацный отступ 1,25 см, межстрочный интервал 1,5 (для аннотации и ключевых слов – кегль 12, межстрочный интервал 1,0).
5. Таблицы и формулы должны быть представлены в формате Word; рисунки, чертежи, фотографии, графики – в электронном виде формате JPG или TIF (разрешение не менее 300 dpi), а также в тексте статьи в печатном варианте. Линии графиков и рисунков в файле должны быть сгруппированы. Все графические материалы, рисунки и фотографии должны быть пронумерованы, подписаны, переведены на английский язык и иметь ссылку в тексте.
6. Порядок оформления статьи:
 - тип статьи (научная, обзорная, редакционная, краткое сообщение и т.п.) в левом верхнем углу;
 - индекс УДК в левом верхнем углу;
 - DOI (при наличии);
 - название статьи (прописными буквами) на русском и английском языках;
 - имя, отчество, фамилия автора(ов), наименование организации (учреждения) без обозначения организационно-правовой формы юридического лица и ее адрес на русском и английском языках, адрес электронной почты, ORCID (при наличии);
 - аннотация (150-250 слов) на русском и английском языках;
 - ключевые слова (5-10 слов или словосочетаний) на русском и английском языках;
 - сведения об авторе(ах): инициалы, фамилия, ученая степень, должность, подразделение, наименование организации (учреждения) на русском и английском языках;
 - текст статьи на русском языке.
7. Требования к структуре статьи:
 - введение;
 - цель исследования;
 - материалы, методы и объекты исследования;
 - результаты исследования;
 - выводы;
 - список литературы (на русском языке и его транслитерация латиницей – References, «Vancouver style»).
8. Литература (не менее 8 и не более 25 источников, для обзорной статьи – не более 50) оформляется по ГОСТ Р 7.0.5-2008 в соответствии с последовательностью ссылок в тексте (порядке цитирования). Ссылки на литературные источники приводятся порядковой цифрой в квадратных скобках (например, [1]). Литература дается на тех языках, на которых она издана.
9. Статья, не оформленная в соответствии с данными требованиями и ГОСТ Р 7.0.7-2021, возвращается автору на доработку. Датой сдачи статьи считается день получения редакцией варианта, соответствующего требованиям журнала.

Адрес редакции: 360030, г. Нальчик, проспект Ленина, 1в, e-mail: kbgau.rio@mail.ru
Контактный телефон: +7(8662) 40-59-39

**REQUIREMENTS FOR ARTICLES AND CONDITIONS OF PUBLICATION
IN SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL
«IZVESTIYA OF THE KABARDINO-BALKARIAN STATE
AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER V.M. KOKOV»**

1. Articles on the problems of agricultural development that are of scientific and practical interest to agro-industrial complex specialists are accepted for publication.
2. At the same time, the materials of the article with a cover letter are submitted to the editorial office.
3. Articles are checked for borrowings under the program «Anti-plagiarism» and mandatory peer review.
4. The manuscript of the article is provided in printed (1 copy) and electronic (in Microsoft Word) versions (for third-party authors – in electronic). The volume of the article is 10-12 pages of A4 format, for articles of a review and problematic nature – no more than 25 pages, typeface Times New Roman, size 14, margins 2 cm, indentation 1,25 cm, line spacing 1,5 (for annotations and keywords – font size 12, line spacing 1,0).
5. Tables and formulas must be submitted in Word format; drawings, drawings, photographs, graphics – in electronic form in JPG or TIF format (resolution not less than 300 dpi), as well as in the text of the article in printed form. The lines of graphs and drawings in the file must be grouped. All graphic materials, drawings and photographs must be numbered, signed, translated into English and have a link in the text.
6. The order of registration of the article:
 - type of article (scientific, review, editorial, short communication, etc.) in the upper left corner;
 - UDC index in the upper left corner;
 - DOI (if available);
 - the title of the article (in capital letters) in Russian and English;
 - name, patronymic, surname of the author(s), name of the organization (institution) without indicating the legal form of the legal entity and its address in Russian and English, e-mail address, ORCID (if any);
 - abstract (150-250 words) in Russian and English;
 - keywords (5-10 words or phrases) in Russian and English;
 - information about the author(s): initials, surname, academic degree, position, subdivision, name of organization (institution) in Russian and English;
 - text of the article in Russian.
7. Requirements for the structure of the article:
 - introduction;
 - purpose of the study;
 - materials, methods and objects of research;
 - results of the study;
 - conclusions;
 - list of used literature (in Russian and its transliteration in Latin – References, Vancouver style).
8. Literature (at least 8 and no more than 25 sources, for a review article – no more than 50) is drawn up in accordance with GOST R 7.0.5-2008 in accordance with the sequence of references in the text (citation order). References to literary sources are given by an ordinal number in square brackets (for example, [1]). Literature is given in the languages in which it is published.
9. An article that is not designed in accordance with these requirements and GOST R 7.0.7-2021 is returned to the author for revision. The date of submission of the article is the day the editors receive the version that meets the requirements of the journal.

Editorial address: 360030, Nalchik, 1v Lenin Avenue, e-mail: kbgau.rio@mail.ru

Contact phone: +7(8662) 40-59-39

Редактор – *Ханиева Т. П.*
Технический редактор – *Казаков В. Ю.*
Перевод – *Гоова Ф. И.*
Вёрстка – *Рулёва И. В.*

ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В. М. КОКОВА



Подписано в печать 23.06.2025 г. Дата выхода в свет 30.06.2025 г.
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Формат 60×84 ¹/₈.
Бумага офсетная. Усл.п.л. 19,7. Тираж 300.
Цена свободная.

Адрес издателя: 360030, Россия, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Тел. +7(8662) 40-67-13
E-mail: kbgsha@rambler.ru

Адрес редакции: 360030, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Тел. +7(8662) 40-59-39
E-mail: kbgau.rio@mail.ru

Адрес типографии: 360030, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Тел. +7(8662) 40-95-84
E-mail: kbgau.tipografiya@mail.ru